

Påverkan av förhöjd inomhustemperatur på fysiologi, beteende och mjölkproduktion hos svenska lantrasgetter

Effects of increased indoor temperature on physiology, behaviour and milk production in Swedish landrace goats

Elin Svedberg



Foto: Elke Hartmann

Påverkan av förhöjd inomhustemperatur på fysiologi, beteende och mjölkproduktion hos svenska lantrasgetter

Effects of increased indoor temperature on physiology, behaviour and milk production in Swedish landrace goats

Elin Svedberg

Handledare: Elke Hartmann, Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Kristina Dahlborn, Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Examinator: Eva Sandberg, Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad E-nivå

Kurstitel: Examensarbete i husdjursvetenskap – E30

Kurskod: EX0560

Program/utbildning: Agronomprogrammet, husdjur

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2012

Omslagsbild: Elke Hartmann

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Acklimatisering, Beteende, Fysiologi, Produktion, Svenska lantrasgetter, Värmebelastning



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Sammanfattning

Klimatet är under förändring och en global temperaturökning med 1,8-4,0°C förutspås ske från år 1990 till 2099. Detta kan medföra att livsmedelsproducerande djur i Sverige kommer att utsättas för värmebelastning under perioder vilket kan ha negativa effekter på djurens produktion och välfärd. Då vetenskapen om hur svenska lantrasgetter påverkas av värme är begränsad var syftet med den här studien dels att se vilka effekter värme har fysiologiskt, beteendemässigt och produktionsmässigt på djuren, samt att undersöka om getterna efter en tid i förhöjd omgivningstemperatur kunde acklimatisera sig till denna.

Sju lakterande svenska lantrasgetter med varsin killing inhystes i en omgivningstemperatur mellan 28,8 och 35,1°C under dagtid i 15 dagar. Under nätterna hölls omgivningstemperaturen under 20°C för att efterlikna en naturlig fluktuation i dygnstemperatur. Getterna inhystes i lösdrift och erhöll fri tillgång på grovfoder medan kraftfoder erbjöds två gånger om dagen. Vatten gavs i fri tillgång.

De fysiologiska registreringar som gjordes var kroppsvikt, rektal- och hudtemperatur, hudfuktighet, andningsfrekvens samt osmolalitet i mjölk. Beteendeobservationer utfördes under fyra timmar varje dag. Basala beteenden registrerades med fyra minuters intervaller medan aggressiva beteenden och digivningsbeteenden registrerades kontinuerligt. Getterna mjölkades två gånger om dagen och mjölkavkastningen noterades.

Resultat från studien visade inga signifikanta skillnader i kroppsvikt mellan dagar i förhöjd omgivningstemperatur jämfört med kontrolldagar. Vid förhöjd omgivningstemperatur ökade kroppstemperatur, hudtemperatur, hudens fuktighet samt andningsfrekvens signifikant. Osmolaliteten i mjölken minskade under dagarna i förhöjd omgivningstemperatur och vattenkonsumtionen ökade. Getternas utförande av beteendet *ligga* ökade, medan mindre tid spenderades på beteendena *förflytta*, *äta* och *idissla*. Förändringar i aggressiva beteenden och digivningsbeteenden var enligt de statistiska analyserna inte signifikanta mellan de olika dagarna och inga signifikanta skillnader i mjölkavkastning kunde påvisas. Då temperaturen återigen sänktes efter 15 dagar kunde inga kvarstående effekter ses.

Abstract

The climate is changing and a global increase in temperature of 1.8 – 4.0°C is predicted from 1990 to 2099. This temperature change can lead to heat stress in producing animals also in Sweden, and can increase the risk for animals to experience negative welfare. The knowledge about how goats of the Swedish landrace are affected by heat is limited, therefore, the aim of this study was to investigate how heat affects the goats' physiology, behaviour and milk production. The aim was also to see if goats, after a time exposed to high ambient temperature, acclimatize to the environmental temperature.

Seven lactating goats of Swedish landrace with one kid were housed indoor under an ambient temperature between 28.8 and 35.1°C during 15 days. During nights, the ambient temperature was lower than 20°C to imitate a natural fluctuation in temperature. The goats were housed in a loose housing system and were given forage and water *ad libitum*. Concentrate was offered twice daily.

Physiological registrations of bodyweight, rectal and skin temperature, skin moisture, respiration rate, osmolality in milk and water consumption were done daily. Behaviours were recorded during four hours every day. Basic behaviours were registered by scan sampling every 4th minutes while aggression and suckling behaviour were recorded continuously. The goats were milked twice daily and the milk yield was recorded.

The results from the study did not show any significant differences in bodyweight between control days and days in increased ambient temperature. Body temperature, skin temperature, skin moisture and respiration rate increased significantly in high ambient temperature. The osmolality in milk decreased during the days in increased ambient temperature and water consumption increased. The goats spent more time performing the behaviours *lying*, while less time was spent on the behaviours *moving*, *eating* and *ruminating*. Changes in aggressive behaviours and suckling were not significantly different between control days and days in high ambient temperature. No differences in milk yield were seen. When the temperature was lowered in the end of the study no persistent effects from the period with high ambient temperature were observed in the goats.

Innehållsförteckning

1. Inledning	9
1.1 Hypotes	10
2. Litteraturgenomgång	11
2.1. Temperaturreglering	11
2.1.1 Värmeproduktion	13
2.1.2. Värmeavgivning	13
2.2. Temperatur-Luftfuktighetsindex	14
2.3. Värmebelastning hos getter	15
2.3.1. Fysiologiska förändringar	16
2.3.2. Förändringar i beteende	17
2.3.3. Effekter på produktion	17
2.4. Acklimatisering till miljö	18
3. Material och metoder	20
3.1. Djurmaterial och inhysningssystem	20
3.2. Försökets upplägg och genomförande	20
3.3. Datainsamling	21
3.4. Beteendeobservationer	22
3.5. Statistiska beräkningar	24
4. Resultat	26
4.1. Temperatur-luftfuktighetsindex	26
4.2. Fysiologiska förändringar	27
4.3. Förändringar i beteende	34
4.4. Effekter på produktion	36
5. Diskussion	37
5.1. Temperatur-luftfuktighetsindex	37
5.2. Fysiologiska förändringar	37
5.3. Förändringar i beteende	40
5.4. Effekter på produktion	40
5.5. Acklimatisering till miljö	41
6. Slutsats	43
7. Referenser	44
Bilaga 1. Temperatur-Luftfuktighetsindex	47
Bilaga 2. Fysiologiska förändringar	48

Bilaga 3. Förändringar i beteende	58
Bilaga 4. Effekter på produktion	60

1. Inledning

Klimatet är under förändring och ökade utsläpp av växthusgaser kan bidra till stigande temperaturer. Enligt FNs klimatpanel "Intergovernmental Panel of Climate Change" (IPCC) beräknas en global temperaturökning ligga mellan 1,8 och 4,0°C från år 1990 till år 2099 (IPCC, 2007). Enligt Silanikove (2000) utsätts lantbruksdjur i södra Europa för värmebelastning under tre till fem månader per år och IPCC (2007) förutspår att södra Sverige i framtiden kan komma att få temperaturer som är jämförbara med dagens klimat i norra Spanien och södra Frankrike. Temperaturförändringar kan därför leda till ökad risk för värmebelastning hos livsmedelsproducerande djur även i Sverige då dessa djur har en hög metabolisk värmeproduktion och därmed är mer känsliga för avvikelser i omgivningstemperaturen än icke-producerande djur (Yousef, 1985b). Värmebelastning kan uppkomma då ett djur vistas i en miljö där omgivningstemperaturen är högre än djurets övre kritiska temperatur, det vill säga att omgivningstemperaturen är högre än den övre gränsen för djurets termoneutrala zon. Den termoneutrala zonen är det temperaturintervall där djurets metaboliska värmeproduktion inte ändras av förändringar i omgivningstemperaturen. Risken för att lantbruksdjur drabbas av värmebelastning är hög i tropiska och subtropiska regioner men även i regioner med tempererade klimat finns risk för att djur tillfälligt utsätts för värmebelastning (Melin *et al.*, 2010).

För att klara av att vistas i en miljö med hög omgivningstemperatur sker fysiologiska förändringar i djuret som är nödvändiga för djurets acklimatisering och överlevnad. Dessa förändringar kan ha negativa effekter på djurets produktions- och reproduktionsegenskaper (Fuquay, 1981) och kan på så sätt indikera sämre djurvälstånd (Broom & Johnson, 1993). Djurs anpassning till höga omgivningstemperaturer sker även genom förändringar i beteenden för att underlätta värmeregleringen (Melin *et al.*, 2010).

Flera studier av hur getter påverkas av värmebelastning har gjorts. Djurmaterialet i dessa studier har dock varit av raser med ursprung från tropiska eller subtropiska regioner. Då vetenskapen om hur lakterande getter av nordiska raser påverkas av värmebelastning är begränsad, är syftet med detta projekt att undersöka hur svenska lantrasgetter påverkas av att vistas i en miljö med förhöjd omgivningstemperatur med avseende på djurens beteende, fysiologi och mjölkproduktion.

1.1 Hypotes

Den förväntade hypotesen är att getternas rektal- och hudtemperatur till en början kommer att öka samt att en ökad hudfuktighet kommer att observeras i en förhöjd omgivningstemperatur. Mjölkavkastningen förväntas sjunka liksom mjölkens osmolalitet. Getternas beteenden kommer troligtvis att i större utsträckning utgöras av beteendena *ligga* och *dricka*, och djurens vattenintag kommer med stor sannolikhet att öka. Efter en tid i förhöjd omgivningstemperatur förväntas getterna acklimatisera sig till miljön och de uppmätta parametrarna återgår till ursprungliga nivåer.

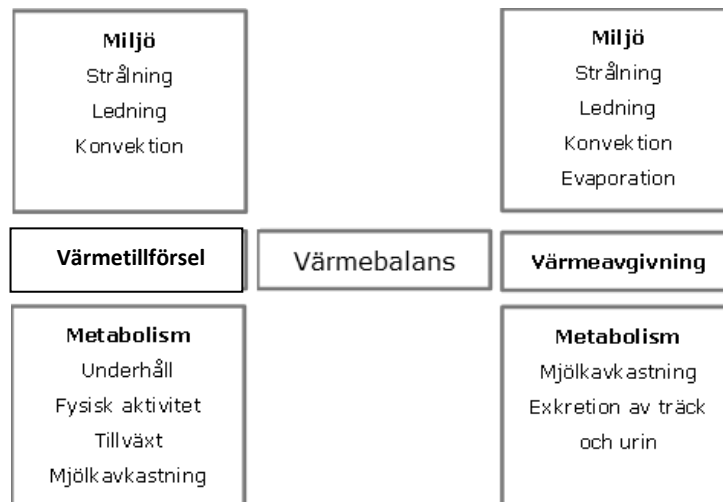
2. Litteraturgenomgång

2.1. Temperaturreglering

Hos varmblodiga djur är det viktigt att kroppstemperaturen hålls relativt konstant för att kroppens fysiologiska funktioner ska fungera (Campbell & Reece, 2005; Sällvik, 2005). Kroppens förmåga till temperaturreglering möjliggör att kroppstemperaturen hålls i ett optimalt intervall för att cellernas funktioner ska fungera effektivt även om temperaturen i den omgivande miljön förändras (Campbell & Reece, 2005).

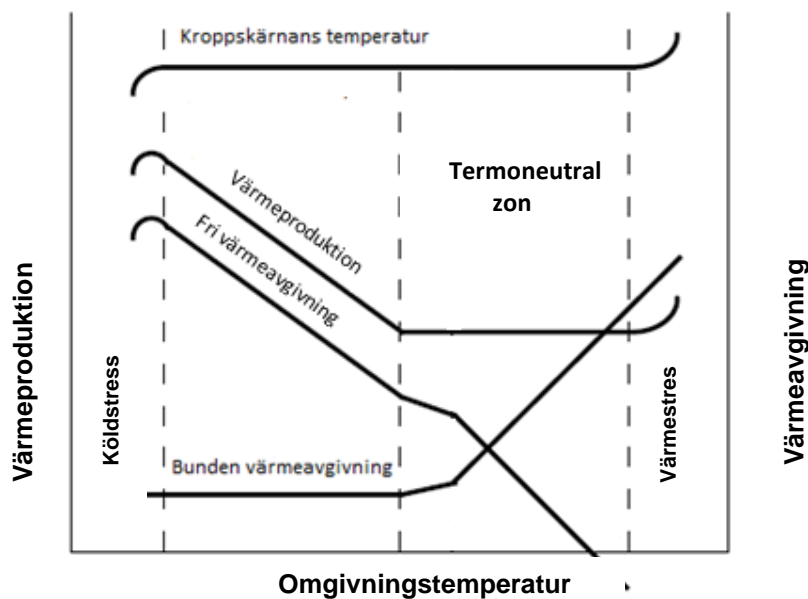
Det termoregulatoriska centrumet finns i hypotalamus där neuroner tar emot information via det centrala nervsystemet om hudens och kroppens inre temperatur (Jessen, 1977; Sjaastad *et al.*, 2003). Denna information jämförs därefter med kroppens normaltemperatur som referensvärde och vid avvikelser måste kroppen avge eller producera värme för att upprätthålla rätt temperatur (Hammel, 1968; Jessen, 1977; Sjaastad *et al.*, 2003). Kroppens inre temperatur fluktuerar dock under dygnet och hos dagaktiva djur förekommer en temperaturtopp under dagen medan kroppstemperaturen är som lägst under natten (Schmidt-Nielsen, 1997; Sjaastad *et al.*, 2003). Kroppstemperaturen kan under vila variera med $0,5 - 1^{\circ}\text{C}$.

För att kroppstemperaturen ska kunna hållas på en normal nivå krävs det att värmeproduktionen i djuret är densamma som värmeavgivningen, det vill säga att djuret är i värmebalans (Cabanac, 1974; Berman *et al.*, 1985; Schmidt-Nielsen, 1997; Sällvik, 2005). Djurets värmebalans påverkas både av djurets metabolism och av den omgivande närmiljön (Fuqay, 1981). I Figur 1 visas en schematisk bild över faktorer som påverkar djurets värmebalans.



Figur 1. Schematisk bild över värmetillförsel och värmeavgivning vilka ska vara balanserade för att djuret ska befinna sig i sin termoneutrala zon (efter Fuquay, 1981).

Den termoneutrala zonen ligger mellan den nedre och den övre kritiska temperaturen och i denna zon har djuret inga svårigheter med att upprätthålla sin värmebalans (Sällvik, 2005). Förhållanden mellan värmeavgivning och värmeproduktion samt kroppens inre temperatur modelleras i Figur 2.



Figur 2. Översikt över förhållanden mellan värmeproduktion, värmeavgivning och kroppens inre temperatur hos varmblodiga djur (efter Robertshaw, 1985).

2.1.1 Värmeproduktion

Hur mycket värme ett djur producerar beror på djurets underhållsbehov samt hur mycket värme som produceras genom fysisk aktivitet, tillväxt, mjölkproduktion och dräktighet (Fuquay, 1981). Ju högre aktivitet dessa faktorer har desto mer värme kommer att produceras i djuret.

Under vila produceras störst andel värme i den inre delen av kroppen medan endast en liten del produceras i muskler och hud (Schmidt-Nielsen, 1997). Musklerna står däremot för en stor andel av den producerade kroppsvärmen under fysisk aktivitet och under fysisk träning kan därför kroppstemperaturen öka över det normala vilket kräver att värmeavgivningen ökar.

2.1.2. Värmeavgivning

Det termoregulatoriska centret i hypotalamus reglerar en förhöjd kroppstemperatur genom ökad värmeavgivning (Sjaastad *et al.*, 2003). Detta sker huvudsakligen genom ökat blodflöde till huden, genom reducerat motstånd i arteriolerna, ökad svettproduktion och hässjning samt minskad värmeproduktion i djuret.

Värme transporteras bort från kroppen genom fri och bunden värmeavgivning (Sällvik, 2005). Fri värmeavgivning innefattar de fysiska processerna strålning, ledning och konvektion medan bunden värmeavgivning sker genom evaporation (Sjaastad *et al.*, 2003; Sällvik, 2005). Fri värmeavgivning följer alltid de fysiska lagarna om värmegradient, det vill säga att värme går från varmare till kallare regioner vilket innebär att värmeavgivningen ökar med temperaturdifferensen mellan hudens ytemperatur och omgivningstemperaturen (Sjaastad *et al.*, 2003). Bunden värmeavgivning sker däremot efter andra principer som beskrivs nedan, under stycket "Evaporation".

Strålning

Då temperaturen på hudytan är högre än temperaturen i omgivningen avges värme genom strålning från djuret till omgivningen (Schmidt-Nielsen, 1997; Sjaastad *et al.*, 2003). Djur som står eller ligger intill varandra har en lägre värmeavgivning genom strålning (Sjaastad *et al.*, 2003).

Ledning

Vid värmeledning överförs värme genom kollision mellan atomer, joner eller molekyler (Withers, 1992; Schmidt-Nielsen, 1997; Sjaastad *et al.*, 2003). Med en ökad temperatur ökar partiklarnas rörelser och därmed ökar rörelseenergin med ökad temperatur. Då två kroppar är i kontakt med varandra övergår värme genom ledning från den varmare till den kallare kroppen. Hur mycket värme som avges från den varmare kroppen avgörs av kontaktytans area samt temperaturgradienten mellan de båda kropparna.

Konvektion

Konvektion sker då värme överförs genom gas eller vätska i rörelse (Whiters, 1992; Sjaastad *et al.*, 2003). Då kroppsytans temperatur är högre än omgivningens temperatur kommer den luft som är i kontakt med kroppsytan att öka i temperatur och den uppvärmda luften kommer att minska i densitet och således stiga uppåt. Detta medför att luften kring djuret återigen ersätts med svalare luft och den fria konvektionen fortlöper. Fri konvektion är dock av begränsad betydelse för djur med päls eller fjäderdräkt då ett uppvärmt luftlager i pälsen eller fjäderdräkten verkar isolerande (Sjaastad *et al.*, 2003). Forcerad konvektion, då värmeutbyte sker med hjälp av exempelvis vind, är däremot av stor betydelse för värmeavgivning genom att det uppvärmda luftlagret i pälsen eller fjäderdräkten ersätts mycket snabbare än i stiltje och värmeavgivningen genom konvektion ökar.

Evaporation

Evaporation sker då vattenmolekyler går från flytande form till gas genom att den kinetiska energin är tillräckligt hög för att molekylerna ska dra sig iväg från närliggande molekyler (Sjaastad *et al.*, 2003). Evaporation är en energikrävande process och därmed är det ett mycket effektivt sätt att avge värme. Avdunstning av vatten sker både från huden och från andningsvägarna. Då den relativa luftfuktigheten är hög och luften är mättad med vattenånga är dock evaporationen begränsad och avdunstning kan varken ske från hud eller andningsvägar. Svettning och hässjning är två centrala funktioner för att avge värme genom evaporation.

Svettproduktion stimuleras av en ökad aktivitet i det sympatiska nervsystemet (Sjaastad *et al.*, 2003). Då svett evaporerar från huden avges värme och kroppen kyls ned. Svettning är av stor betydelse i en miljö där omgivningstemperaturen är högre än kroppstemperaturen. Under sådana omständigheter erhåller kroppen värme från omgivningen via strålning och ledning och därmed är svettning ett effektivt sätt för kroppen att avge värme.

Hæssjning är liksom svettning en aktiv process för värmeavgivning och sker genom att djuret andas snabbt och ytligt (Withers, 1992; Sjaastad *et al.*, 2003). Evaporation sker främst i näshåla och värmen som avges kommer från närliggande vävnader.

2.2. Temperatur-Luftfuktighetsindex

Temperatur-luftfuktighetsindex (THI) är en metod som används i många länder för att mäta värmebelastning. Metoden utformades ursprungligen för nötkreatur och baseras både på omgivningstemperaturen och på den relativa luftfuktigheten (Yousef, 1985a). THI har i litteraturen föreslagits beräknas olika (Dikmen & Hansen, 2009) och i denna rapport kommer följande formel för beräkning av THI att användas (Mader *et al.*, 2006):

$$THI = (0,8 \times temperatur) + \left(\left(\frac{\% \text{ relativ luftfuktighet}}{100} \right) (temperatur - 14,4) \right) + 46,4$$

THI är ett uträknat mått på värmebelastning och ingenting som djur egentligen kan registrera. Djuren registrerar förändringar i omgivningens temperatur med hjälp av receptorer på huden, och skickar information till termoregulatoriska centrumet i hypotalamus. Den relativa luftfuktigheten inverkar på upplevelsen av den omgivande temperaturen genom att försvåra för kroppen att avge värme då luften är mättad med vattenånga och ingen effektiv avdunstning kan ske (Sällvik, 2005). Vid en relativ luftfuktighet omkring 20-30 procent är den relativa luftfuktigheten så pass låg att den inte har någon större inverkan på hur djuret upplever miljön. Detta på grund av luften inte är mättad med vattenånga och vattenmolekyler kan förångas.

Indexet användes ursprungligen för att översätta uträknade värden på THI till den nivå av värmebelastning nötkreatur upplever. Hos nötkreatur bedöms ett THI under 74 vara normalt, 75-78 risk, 79-82 akut fara och ≥ 84 dödlig risk (Figur 3).

		Relativ luftfuktighet (%)																			
Temperatur °C		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	20	63	63	63	64	64	64	64	65	65	65	66	66	66	66	67	67	67	67	68	68
	22	64	65	65	66	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71	72
	24	66	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
	26	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	77	77	78	78	79
	28	70	70	71	72	72	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82
	30	71	72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86
	32	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90
	34	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
	36	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	94	95	96	97
	38	78	79	81	82	83	84	85	86	88	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99	100
	40	80	81	82	84	85	86	88	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	101	103	104

Figur 3. THI med olika värden på omgivningstemperatur och relativ luftfuktighet (modifierad av Sällvik, 2005).

Det är dock inte helt utrett om värden från detta index kan överföras direkt på getter då getter anses vara mer toleranta än nötkreatur vid höga omgivningstemperaturer och därmed skulle kunna klara sig bättre än vad nötkreatur gör (Hamzaoui *et al.*, 2011).

2.3. Värmebelastning hos getter

Värmebelastning är ett tillstånd som kan uppstå då djuren befinner sig i en omgivningstemperatur som är högre än djurets termoneutrala zon (Figur 2) (IUPS Thermal Commission, 2001). Hos getter har den övre kritiska temperaturen föreslagits ligga mellan 25 och 30°C (Lu, 1989). Den

övre kritiska temperaturen varierar med bland annat djurets ålder, ras, kondition, produktionsnivå (tillväxt eller laktation) och grad av acklimatisering till höga temperaturer.

Getter avger, förutom genom fri värmeavgivning, värme både genom svettning och genom hässjning (Dmi'el & Robertshaw, 1983; Robertshaw & Dmi'el, 1983; Baker, 1989) och anses klara mer extrema miljöer än andra domesticerade idisslare (Lu, 1989; Silanikove, 1997). Detta beror delvis på att getternas kroppsytta är stor i förhållande till kroppsvikten vilket gör det möjligt för dem att lättare avge värme i varma miljöer (Searcy, 1980).

Vilken typ av bunden värmeavgivning getter använder sig av har visat sig påverkas av djurets vattenbalans. Resultat från Robertshaw och Dmi'el (1983) har visat att temperaturregleringen hos dehydrerade getter av rasen Nubian sker i mindre utsträckning genom hässjning än hos getter som fått vatten att tillgå. I en studie av Baker (1989) har temperaturreglering hos getter av raserna Alpine-Toggenbergs och Nubian studerats under 48 timmar i en miljö där omgivningstemperaturen reglerats till $40 \pm 1^\circ\text{C}$ och den relativa luftfuktigheten kontrollerats inom ett intervall från 23 till 70 procent. Resultaten visade att dehydrerade getter inte ökade sin andningsfrekvens eller respiratoriska evaporation mer än getter som inhysts på samma sätt med skillnaden att de haft tillgång på vatten. Däremot observerades en minskad svettproduktion hos de djur som inte fått vatten jämfört med de getter som fått vatten i fri tillgång. I studien observerades en höjning i rektaltemperatur hos de dehydrerade getterna jämfört med de getter som fått vatten och inhysts i samma miljö.

2.3.1. Fysiologiska förändringar

Djur som utsätts för värmebelastning har olika fysiologiska mekanismer för att klara av miljön. Värmebelastade getter kan öka sin värmeavgivning genom ökad andningsfrekvens (Appleman & Delouche, 1958; Duncan & Güney, 2008; Hamzaoui *et al.*, 2011). Appleman och Delouche (1958) visade att andningsfrekvensen ökade med en ökad omgivningstemperatur hos getter av rasen Nubian. Den högsta uppmätta andningsfrekvensen observerades vid 35°C vilken sedan sjönk då omgivningstemperaturen höjdes ytterligare till 40°C . Bianca och Kunz (1978) visade att andningsfrekvensen hos getter av raserna Gems-färgad fjällget, Saanen och Toggenburger som inhysts i en miljö där temperaturen höjts till 40°C och den relativa luftfuktigheten reglerats till 30 procent ökade sin andningsfrekvens med tio gånger, från 26 till 261 andetag per minut.

Hos värmebelastade getter har förhöjd rektaltemperatur (Appleman & Delouche, 1958; Bianca & Kunz, 1978; Duncan & Güney, 2008; Hamzaoui *et al.*, 2011) och hudtemperatur (Bianca & Kunz, 1978; Duncan & Güney, 2008) setts jämfört med icke värmebelastade getter. Bianca och Kunz (1978) observerade att getter som utsattes för en omgivningstemperatur på omkring 40°C i kombination med en relativ luftfuktighet på 30 procent ökade sin rektaltemperatur med $1,2^\circ\text{C}$ jämfört med en kontrollgrupp som inhysts i 20°C och 50 procents relativ luftfuktighet (Bianca & Kunz, 1978). Den rektala temperaturen nådde, hos dessa getter, en plåtå vid $40,7^\circ\text{C}$.

Hudtemperaturen observerades i studien öka med 9°C på öra och skank då getterna vistades i den höga omgivningstemperaturen.

Enligt en studie gjord på svenska lantrasgetter har lakterande getter visats påverkas i högre grad av värmebelastning än icke lakterande getter. Lakterande getter har påvisats ha högre rektaltemperatur än icke lakterande getter då de hållits i en miljö där omgivningstemperaturen reglerats till $38 \pm 1^\circ\text{C}$ under dagen och $27 \pm 1^\circ\text{C}$ under natten och den relativa luftfuktigheten varierade mellan 40 och 50 procent (Olsson & Dahlborn, 1989). Likaså har det visats att lakterande getter har en högre andningsfrekvens än icke lakterande getter då de inhyses i en miljö med hög omgivningstemperatur samt att de mjölkproducerande getternas andningsfrekvens ökar snabbare under värmebelastning än hos getter som inte producerar mjölk. Lakterande getter som erbjuds fri tillgång på vatten har en ökad vattenomsättning medan lakterande getter utan tillgång till vatten har minskade vattenförluster i urin och mjölk.

2.3.2. Förändringar i beteende

I flera studier har anpassning till värme genom beteendeförändringar setts hos getter (Appleman & Delouche, 1958; Darcan *et al.*, 2007; Darcan *et al.*, 2008). Värmebelastade getter har setts ha ett reducerat foderintag (Cabanac, 1974; Darcan *et al.*, 2007; Darcan & Güney, 2008), minskad tid på intag av grovfoder (Appleman & Delouche, 1958) samt ett högre vattenintag (Appleman & Delouche, 1958; Darcan *et al.*, 2007). Darcan *et al.* (2007) studerade 30 korsningsgetter av raserna German Fawn och German Hair i medelhavsklimat under juli månad med en genomsnittlig dygnstemperatur på 29,2°C. Resultat från studien visade att värmebelastade getter spenderade kortare tid på att utföra aktiva beteenden, så som *äta*, *gå* och *idissla* medan mer tid spenderades på att *dricka* och *vila*, jämfört med getter som svalkats med vatten sprayat på kroppen två gånger om dagen och därmed inte utsatts för värmebelastning. Även Appleman & Delouche (1958) såg en lägre aktivitetsgrad hos getter av rasen Nubian som utsatts för värme jämfört med getter av samma ras som inte värmebelastats.

Andel utförda aggressiva beteenden har setts minska hos getter som inhysts i miljöer där omgivningstemperaturen reglerats till 40°C (Appleman & Delouche, 1958). Vid jämförelse av förekomst av aggressiva beteenden hos getter i miljöer där omgivningstemperaturen var 20 respektive 35°C och den relativa luftfuktigheten hölls konstant på 65 procent var förekomsten av aggressiva beteenden densamma.

2.3.3. Effekter på produktion

Värme kan ha negativ inverkan på djurs produktionsegenskaper (Fuqay, 1981) och Lu (1989) har beskrivit försämrade produktionsegenskaper så som lägre fetthalt i mjölken hos getter som en effekt av värmebelastning.

Enligt en studie av Darcan och Güney (2008) påvisades det att getter, korsade mellan German Fawn och German Hair, som vistats i en miljö där THI låg mellan 83 och 96 under tre månaders tid hade reducerad mjölkavkastning jämfört med getter som vistats i samma miljö men kylts ner med hjälp av vatten och ökat luftflöde dagligen under 60 minuter. De värmebelastade getterna hade reducerad mjölkavkastning med 21 procent jämfört med de getter som svalkats ned. Även Olsson & Dahlborn (1989) påvisade att svenska lantrasgetter fick lägre mjölkavkastning samt ett lägre torrsubstansinnehåll i mjölken då de utsattes för värme.

2.4. Acklimatisering till miljö

Temperaturtoleransen för ett djurslag är inte fixt och varje individ har sin egen termoneutrala zon. Då djur utsätts för en temperatur som är nära den letala temperaturen för det djurslaget sker ofta en viss grad av adaptation och en tidigare letal temperatur kan tolereras (Schmidt-Nielsen, 1997).

I litteraturen går terminologin isär när det gäller djurs respons till en föränderlig miljö och i många artiklar används definitionerna av begreppen felaktigt. IUPS Thermal Commission (2001) har definierat termerna enligt följande, vilket är den definition som kommer användas i denna rapport även om artikelförfattaren har använt en annan definition:

- Adaptering: Förändringar som sker i djuret för att minska fysiologiska begränsningar som är en följd av stressande faktorer i miljön. Dessa förändringar kan ske hos en organism under dess livstid (fenotypisk) eller som ett resultat av genetisk selektion (genotypisk) för en art.
- Acklimatisering: Fysiologiska eller beteendemässiga förändringar som sker inom en livstid hos en organism som minskar begränsningar som orsakas av stress i ett naturligt klimat, så som säsongsförändringar eller geografiska förändringar.

Acklimatisering kan ske till flera miljömässiga faktorer. Under termisk acklimatisering sker en rad adaptiva förändringar i kroppen hos djuret (Schmidt-Nielsen, 1997). Detta sker i enzyms struktur och funktion, lipidmembranens struktur i cellerna samt genom förändring av fysiologiska egenskaper (Withers, 1992).

Killingar av rasen Damascus som utsatts för värme har observerats acklimatisera efter tio till 14 dagar (Al-Tamimi, 2007). I studien utsattes killingar för ett THI på 80 mitt på dagen, i direkt solljus, medan THI på morgon och kväll uppgick till 68 respektive 75. Acklimatisering till miljön observerades genom att uppmätta värden på termoregulatoriska parametrar, så som rektaltemperatur, hudtemperatur och andningsfrekvens, återgick efter denna period till en ursprunglig nivå.

Getter i sen dräktighet av rasen Saanen har visats acklimatisera till förhöjd omgivningstemperatur efter att ha utsatts under tre månaders tid (Ocfemia *et al.*, 1993). Dagtid hölls omgivningstemperaturen, i studien, mellan 30 och 35°C och den relativa luftfuktigheten

mellan 56 och 62 procent medan temperaturen under natten hölls på 25°C och den relativa luftfuktigheten på 76 procent. Getterna hade under den inledande månaden en förhöjd rektaltemperatur jämfört med högdräktiga getter som inhysts i en miljö där omgivningstemperaturen var 16°C och den relativa luftfuktigheten låg på 64 procent. Efter den inledande månaden killade samtliga getter och två månader efter killningen återgick den förhöjda rektaltemperaturen till den ursprungliga. Från studien framkom det att getter lättare acklimatiserade till hög omgivningstemperatur då de gradvis utsattes för höga temperaturer innan dräktigheten jämfört med om de plötsligt i mitten av dräktigheten utsattes för hög omgivningstemperatur.

I en studie utförd av Hamzaoui *et al.* (2011) har värmebelastning på getter, av rasen Murciano-Granadina, i sen laktation studerats. Getter som under 35 dagar inhysts i klimatkammare där temperaturen under dagen (12 timmar) reglerats till $37 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (THI = 85) och under natten reglerats till $30 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (THI = 77) har jämförts med en kontrollgrupp som inhysts i temperaturer mellan 15 och 20°C (THI = 59-65) både under dag och under natt. Getterna som utsatts för värme påvisades ha högre rektaltemperatur samt högre andningsfrekvens än djuren i kontrollgruppen. Högst värden för dessa parametrar sågs under studiens inledande vecka och därefter sjönk andningsfrekvens och rektaltemperatur hos värmebelastade getter. Detta tyder enligt Hamzaoui *et al.* (2011) på att det skett en acklimatisering till den förhöjda omgivningstemperaturen. Hos getterna som utsatts för värme sågs ett fördubblat vattenintag vilket kan förklaras med att dessa getter hade högre avdunstning av vatten i form av evaporation från hud och andningsvägar på grund av temperaturregleringen. Även en förändring i vikt kunde ses hos getterna under studien. De djur som inhysts i förhöjd omgivningstemperatur sågs minska sin kroppsvikt under försökets gång samtidigt som getterna i kontrollgruppen ökade i vikt. Efter tre veckor kunde en återhämtning hos djuren ses och torrsustansintaget ökade jämfört med de första tre veckorna då intaget av torrsustans var lägre. Återhämtningen resulterade i att mjölmängden återgick till den ursprungliga men med lägre proteininnehåll.

Hos Holsteinkor hade tiden som djuren utsattes för höga omgivningstemperaturer betydelse för vilken grad som djuren blev värmebelastade (Igono *et al.*, 1992). Mjölkvastningen har setts minska då mjölkorna hållits längre perioder i omgivningstemperaturer över 21°C med lägst mjölkvastning under den period där temperaturen aldrig understeg 21°C. En period på mellan tre och sex timmar med en omgivningstemperatur som understeg 21°C visade sig ge mjölkorna en chans till återhämtning och tid för att avge lagrad värme från kroppen.

3. Material och metoder

3.1. Djurmaterial och inhysningssystem

Sju svenska lantrasgetter (*Capra hircus*) ($2,4 \pm 0,2$ år), i tidig laktation deltog med varsin killing i försöket. Killingarna var $36,7 \pm 4,5$ dagar gamla vid försökets början. Hos getter som fick fler än en killing avlivades de killingar som inte skulle ingå i försöket tre dagar efter födseln. Tre av getterna var i sin andra laktation medan fyra getter lakterade för första gången. Djuren inhystes i en gemensam lösdrift på ca 100 m² med kutterspån och halm som strömaterial. Getterna var sedan tidigare bekanta med varandra och inhystes på liknande sätt i en annan djurhall i en större flock. Vatten och grovfoder i form av hö erbjöds i fri tillgång och getterna fick kraftfoder bestående av 525 gram krossad havre och 405 g koncentrat (Edel Komet 290, Spannex, Värnersborg, Sverige) två gånger om dagen i anslutning till mjölkning, kl. 07:30 och 16:00. Killingarna utfodrades med kraftfoder på morgonen omkring kl. 08:30. I lösdriften erhöles berikning i form av ett bord samt två mindre lådor för djuren att klättra på. En borste för djuren att klia sig mot fanns uppsatt utmed en vägg liksom saltstenar för att uppfylla getternas salt- och mineralbehov. Djurhallen rengjordes dagligen i samband med morgonutfodringen.

3.2. Försökets upplägg och genomförande

Getterna och killingarna flyttades in till den aktuella djurhallen fyra dagar innan insamlingen av data började, dels för tillvänjning av den nya miljön och dels för att erhålla en stabil gruppssammansättning innan försökets början. Efter tillvänjningsperioden samlades kontrolldata under två inledande dygn (kontroll 1 och kontroll 2). Inomhustemperaturen hölls under dessa dagar mellan 14,6 och 19,0°C och den relativa luftfuktigheten varierade från 44,3-55,7 procent (THI = 58,18-64,12). De följande 15 dagarna värmdes djurhallen upp med hjälp av fyra varmluftsfläktar (VF 9B, 9 kW, ElBjörn, Anderstorp, Sverige) som placerades ut på golvet, en i varje hörn utanför lösdriften. Varmluftsfläktarna startades efter att de registreringar som gjordes

på morgonen utförts, omkring klockan 08:00, och temperaturen höjdes till mellan 30 och 35°C. Det tog cirka en timme innan djurhallen uppnådde önskad temperatur. Den förhöjda temperaturen hölls sedan relativt konstant under dagen till dess att varmluftsfläktarna stängdes av vid kl. 18:00 för att omgivningstemperaturen skulle sjunka till mellan 18 och 20°C under natten och på så sätt efterlikna en normal förändring i dygnsstemperatur utomhus. Den relativa luftfuktigheten kontrollerades under dagen och med hjälp av en luftbefuktare hölls den mellan 30 och 45 procent med undantag för de sista fem dagarna i försöket då den relativa luftfuktigheten stundvis sjönk till 24 procent. Detta på grund av att luftbefuktaren havererade.

Försöket avslutades med ytterligare en kontrolldag (kontroll 3) i samma temperatur- och luftfuktighetsintervall som under de inledande kontrolldagarna för att se om den förhöjda omgivningstemperaturen hade någon kvarstående effekt på getterna.

3.3. Datainsamling

En klimatstation (Vantage Pro2, Davis Instruments, Hayward CA, USA) registrerade luftens temperatur och relativa luftfuktighet varje halvtimme hela dygnet. Resultaten från klimatstationens registreringar användes för att räkna ut THI för olika tidpunkter under dygnet. Medelvärden för omgivningstemperatur och relativ luftfuktighet togs mellan kl. 07:00 och 08:00 för att erhålla ett värde för klimatet på morgonen innan varmluftsfläktarna startats för dagen, kl. 10:00 och 11:00 för att få ett värde efter att varmluftsfläktarna satts igång och mellan kl. 16:00 och 17:00 för att få ett värde på THI då varmluftsfläktarna varit igång under hela dagen. THI har beräknats enligt formeln nedan (Mader *et al.*, 2006).

$$THI = (0,8 \times \text{temperatur}) + \left(\left(\frac{\% \text{ relativ luftfuktighet}}{100} \right) (\text{temperatur} - 14,4) \right) + 46,4$$

Getterna mjölkades två gånger om dagen under försöksperioden, kl. 07:30 och kl. 16:00 och mjölmängden registrerades genom att vägas. Mjölkprouv togs från båda mjölkningstillfällena varje dag för analys av mjölkens osmolalitet. Denna analys gjordes med hjälp av en osmometer (Advanced® 3250 Single-Sample Osmometer, Molek AB, Årsta, Sverige).

Efter mjölkning, morgon och eftermiddag, noterades getternas vikt med hjälp av en digital golvväg (Vetek, Väddö, Sverige) för registrering av eventuella förändringar i kroppsvikt under försöket. Getterna rakades på halsen samt på sidan av buken vid försökets början (Figur 4). Rakning skedde därefter regelbundet för att bibehålla en slät hud utan päls. På dessa ställen mättes hudens temperatur med hjälp av en infraröd termometer (TN1, Electronic Temperature Instruments Ltd, UK), nära huden. Kroppstemperaturen registrerades med hjälp av en digital rektaltermometer (Flex Temp Smart, Omron Healthcare Co. Ltd, Kyoto, Japan) varje morgon

efter kl. 07:30 innan varmluftsfläktarna satts igång, kl. 11:00, och efter eftermiddagsmjölkningen kl. 16:00, innan värmebläktarna stängdes av för natten. Hudens fuktighet mättes med hjälp av en vapometer (MoistureMeterSC Compact Delfin Technologies Ltd. Kuopio, Finland) tre gånger vid varje mättillfälle varefter ett medelvärde beräknades. Dessa mätningar gjordes på både hals och buk och utfördes kl. 07:30 och kl. 16:00.



Figur 4. Områden utmärkta med X är där getterna rakades för att mätningar skulle kunna utföras på hals och buk.

Kontroll av vattenintag gjordes dagligen på gruppnivå. Getterna erhöll fri tillgång till vatten under hela dygnet och vattenintaget registrerades genom att kontinuerligt fylla på vattenspannarna och notera mängden. Killingarna bedömdes dricka obetydligt mycket och vattenintagen har därför beräknats per vuxen get. Även andningsfrekvensen noterades, och detta genom att räkna bålens rörelser vid in- och utandning under 15 sekunder hos samtliga djur, en gång under förmiddagens beteendestudie (09:00-11:00) och en gång under eftermiddagens beteendestudie (13:00-15:00) för att sedan få ett värde på andetag per minut.

Ovan nämnda mätningar gjordes dagligen med undantag för söndagar vilket var dag 4 och dag 11 i förhöjd omgivningstemperatur.

3.4. Beteendeobservationer

Djurens beteenden registrerades under fyra timmar varje försöksdag med undantag även här för söndagar, dag 4 och 11 i förhöjd omgivningstemperatur. Observationerna gjordes under två timmar på förmiddagen, mellan kl. 09:00 och 11:00, samt under två timmar på eftermiddagen, mellan kl. 13:00 och 15:00. Beteenden registrerades enligt etogrammet i Tabell 1 och registreringar av beteenden skedde med fyra minuters intervall då hela gruppens beteenden noterades. Getternas digivningsbeteende och tiden killingarna diade observerades och dessa

registreringar gjordes kontinuerligt, liksom förekomsten av aggressiva beteenden. De aggressiva beteendena började registreras från och med dag 2 i förhöjd omgivningstemperatur. Anledningen till detta var att det under de första dagarna upplevdes att vissa av de aggressiva beteendena utfördes under lång tid och med respons från andra getter vilket gjorde resultaten missvisande då observationerna gjordes med fyra minuters intervaller.

Tabell 1. Etogram över beteenden med tillhörande definitioner (efter Andersen & Bøe, 2007; Andersen et al., 2008; Andersen et al., 2011)

Basala beteenden

Stå	Alla fyra klövar i golvet eller på framknän med endast bakklövarna i golvet
Förflytta	Gå eller springa
Resa sig	Resa sig på bakbenen med frambenen mot inredning
Klättra	Klättra på inredning
Ligga upp	Ligga med huvudet uppe
Ligga ner	Ligga med huvudet nere, vilande mot inredning, golv eller djuret självt
Ligga kontakt	Ligga i fysisk kontakt med ett annat djur
Äta	Konsumera hö eller halm
Dricka	Konsumera vatten
Idissla	Idissla
Slicka salt	Slicka salt från saltsten
Urinera	Urinera
Hässa	Flämta
Putsa	Putsar sig själv
Dia	Killing diar sin mamma
Diförsök	Killingen försöker dia men geten undviker det på något sätt
Undersöka	Djuret undersöker något genom att nosa eller smaka på inredning eller strö

Aggressiva beteenden

Kollidera/stånga	En eller båda individer stängas med huvuden mot varandra
Bit	Bett riktat mot en annan individ
Knuffa	En get knuffar en annan på sidan, framifrån eller bakifrån för att tvinga individen att lämna platsen
Jaga	Förfölja en annan get som försöker komma undan
Hota	Krafsar med ena frambenet i marken och rusar framåt och/eller riktar huvudet mot en motståndare utan fysisk interagering
Tränga undan från liggplats	Fysiskt tvinga undan en annan get från dess liggplats, genom att knuffa den framifrån, från sidan eller bakifrån
Tränga undan från foder	Fysiskt tvinga undan en annan get från dess position vid utfodringsplats, genom att knuffa den framifrån, från sidan eller bakifrån
Undvika	Flyttar iväg huvudet eller kroppen från en annan get som närmar sig, utan fysisk kontakt
Ingen reaktion	Get som hotas, knuffas eller dylikt reagerar inte tillbaka

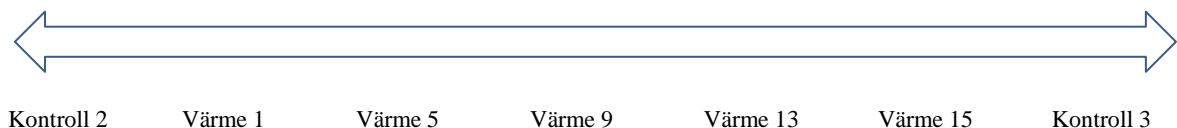
Affiliativa beteenden

Gnugga	Gnuggar sig mot inredning eller en annan get
Nosa	Nos i kontakt med en annan get
Leka	En killing leker med en annan killing eller med sig själv
Moderlig kontakt	En killing slickas eller nosas på av sin mamma

3.5. Statistiska beräkningar

Insamlat data analyserades med hjälp av Microsoft Excel (Version 2010) och Minitab (Minitab® Version 16.1.1). Resultaten presenteras som medelvärde \pm standardavvikelse. För att testa om variablerna var normalfördelade på medelvärden har Probability test utförts i Minitab och vid normalfördelat rådata har General Linear Model använts. Rådata som inte följt normalfördelning har analyserats med 1-Sample Wilcoxon i Minitab. Statistiska analyser gjordes för att studera akuta effekter (dag 1) och därefter var fjärde dag samt efter 15 dagar för att se om någon aklimatisering till miljön skett. Jämförande analyser gjordes också mellan kontrolldag 2 och kontrolldag 3, vilken inföll efter värmeexponeringen. Endast mätningar registrerade under eftermiddagarna har analyserats statistiskt då THI legat på en mer jämn nivå mellan dagarna den här tiden på dygnet. En tidslinje över de statistiskt analyserade dagarna visas i Figur 5.

Korrelationen mellan medelvärden för hudtemperatur och hudfuktighet testades genom en regressionsanalys i Minitab.



Figur 5. Tidslinje över de statistiskt analyserade dagarna där kontroll 2 och 3 står för kontrolldag 2 och 3 och värme 1, 5, 9, 13 och 15 står för dag 1, 5, 9, 13 och 15 i förhöjd omgivningstemperatur.

För statistisk analys av basala beteenden har endast de mest frekvent utförda beteendena analyserats vilka var *stå*, *förflytta*, *ligga*, *äta*, *dricka* och *idissla*. Beteendet *ligga* är en sammanslagning av observationerna för de beteenden som går under definitionerna för *ligga upp* och *ligga ner* enligt etogrammet i Tabell 1. Vid analys av de aggressiva beteendena gjordes en sammanslagning av *bita*, *knuffa*, *jaga*, *hota*, *tränga undan från liggplats* och *tränga undan från foder*. Aggressiva beteenden analyserades för dag 2, 5, 9, 13 och 15 i förhöjd omgivningstemperatur samt för kontrolldag 3. Digivningen har analyserats med avseende på både

tid och frekvens under kontroldag 2 och 3, dag 1, 5, 9, 13 och 15 i förhöjd omgivningstemperatur.

En "outlier" har tagits bort från resultatet av mätningarna av fuktighet på hals. Detta avvikande värde noterades på eftermiddagen dag 14 (Semla) i förhöjd omgivningstemperatur och är troligtvis avvikande på grund av mätfel.

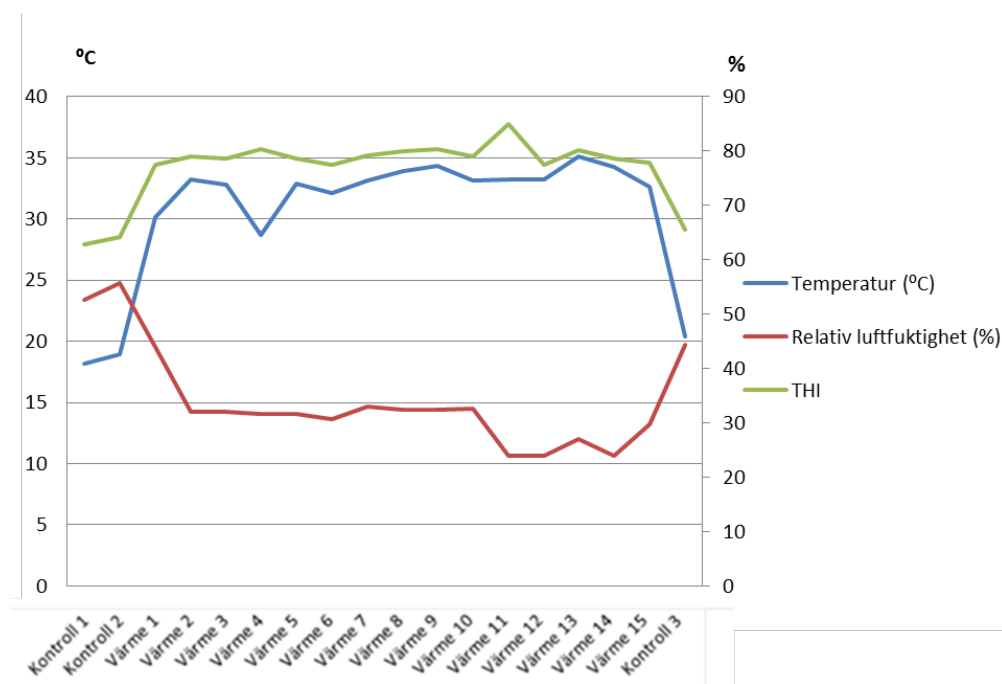
Samtliga analyser har beräknats med ett konfidensintervall på 95 %.

4. Resultat

4.1. Temperatur-luftfuktighetsindex

Under kontrolldagarna låg temperaturen i genomsnitt på $17,3 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ medan den relativa luftfuktigheten låg på $42,9 \pm 0,5$ procent. THI varierade under dessa dagar mellan 58,2 och 65,4. Under dagarna då temperaturen i djurhallen höjdes låg temperaturen innan varmluftsfläktarna startats, kl 07:00-08:00, i genomsnitt på $19,3 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ och den relativa luftfuktigheten hölls i genomsnitt på $36,7 \pm 1,5$ procent ($\text{THI} = 63,7 \pm 0,5$). Kl. 10:00-11:00 låg den genomsnittliga omgivningstemperaturen på $32,8 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ medan den relativa luftfuktigheten låg på $32,1 \pm 1,2$ procent ($\text{THI} = 75,7 \pm 0,5$). Mellan kl. 16:00 och 17:00 uppmättes en genomsnittlig omgivningstemperatur till $33,0 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ och relativ luftfuktighet till $30,8 \pm 1,3$ procent ($\text{THI} = 78,7 \pm 0,3$). Värden på THI beräknade kl. 07:00-08:00, 10:00-11:00 och 16:00-17:00 för samtliga dagar återfinns i Bilaga 1, Tabell 4.

Förhållanden mellan temperatur, relativ luftfuktighet och THI uppmätta mellan kl 16:00 och 17:00 redovisas i Figur 6.

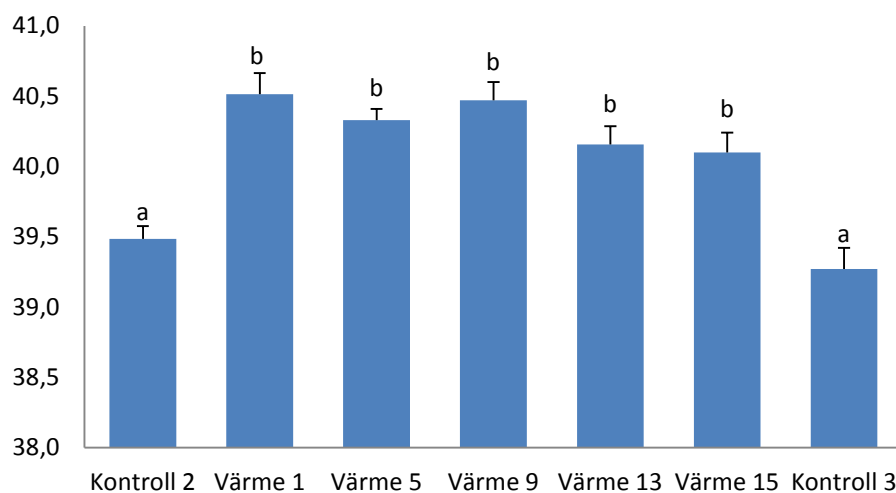


Figur 6. Registreringar från klimatstationen under eftermiddagen mellan kl. 16:00 och 17:00. På den primära y-axeln kan temperaturen utläsas medan på den sekundära y-axeln utläses värden på relativ luftfuktighet och THI.

4.2. Fysiologiska förändringar

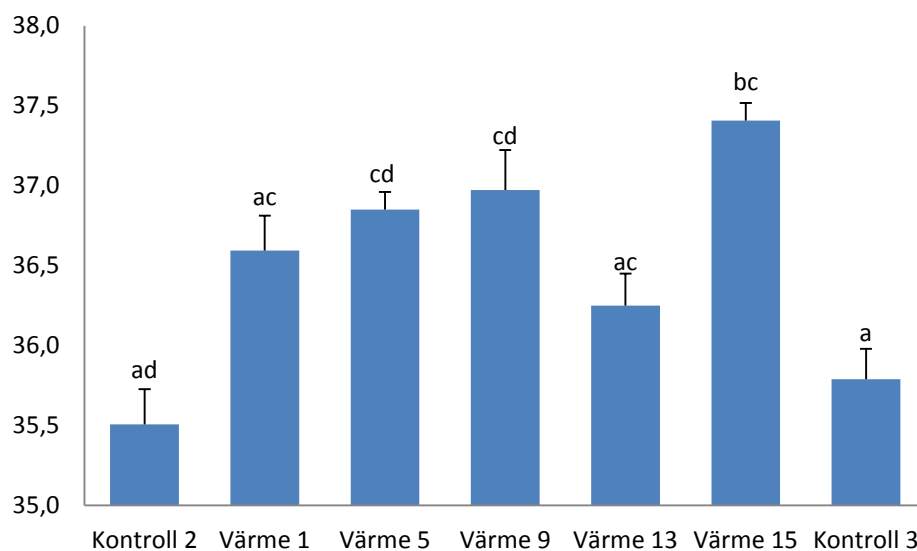
Getternas kroppsvikter låg mellan 34 och 50 kg under försökets gång och förändrades inte signifikant under de statistiskt analyserade tillfällena. Kroppsvikten var i genomsnitt lägre på morgonen (kl. 07:30) än under eftermiddagen (kl. 16:00), vilket illustreras i Bilaga 2, Figur 17 och 18.

Under kontrolldag 2 registrerades en rektal medeltemperatur på $39,5 \pm 0,09^{\circ}\text{C}$ under eftermiddagen. Den rektala temperaturen ökade därefter signifikant till $40,5 \pm 0,15^{\circ}\text{C}$ då omgivningstemperaturen i djurhallen höjdes under första dagen vilket kan tyda på en akut respons på hög omgivningstemperatur. Temperaturen låg sedan relativt stabilt under dagarna i förhöjd omgivningstemperatur för att sedan under kontrolldag 3 återgå till den ursprungliga medeltemperaturen hos getterna (Figur 7). Gruppens rektala medeltemperaturer liksom de individuella temperaturerna visas i Bilaga 2, Figur 19-21.



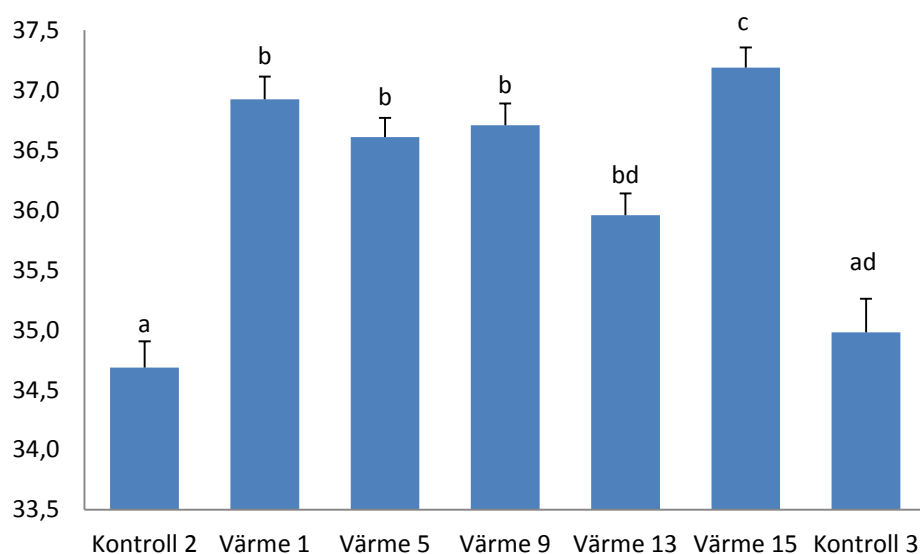
Figur 7. Rektala temperaturer (medeltal \pm standardavvikelse i °C) uppmätta kl. 16:00 de dagar som analyserades statistiskt. De olika bokstäverna indikerar vilka dagar som är signifikant skilda från varandra.

Medeltal för getternas hudtemperaturer uppmätt på hals kl. 07:30 och 16:00 ökade allt eftersom getterna vistats längre period i en miljö med förhöjd temperatur. En ökning i hudtemperatur kunde ses mellan kontrolldag 2 och dag 5 i förhöjd omgivningstemperatur. Denna ökning skedde med 1,4°C och var signifikant (Figur 8). Ytterligare ökning i hudtemperatur kunde ses mellan dag 5 och dag 15 i förhöjd omgivningstemperatur. Under kontrolldag 3 återgick hudtemperaturen mot de ursprungliga värdena som uppmättes under kontrolldag 2. För individuella förändringar samt gruppens medelvärden se Bilaga 2, Figur 22-24.



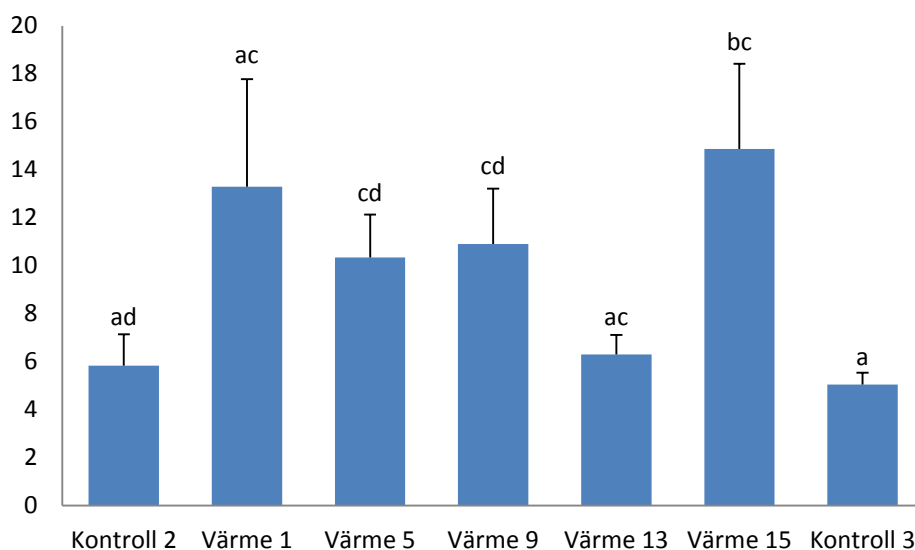
Figur 8. Hudtemperatur (medeltal \pm standardavvikelse i °C) uppmätt på hals kl 16:00 de dagar som analyserades statistiskt. De olika bokstäverna indikerar vilka dagar som är signifikant skilda från varandra.

Hudtemperaturen uppmätt på buk under eftermiddagar följde ett liknande mönster som temperaturförändringarna registrerade på hals. En akut respons på den högre omgivningstemperaturen kunde ses genom att hudtemperaturen på buken ökade signifikant från $34,7 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ under kontrolldag 2 till $36,9 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ under dag 1 i förhöjd omgivningstemperatur. Temperaturen tenderade därefter att sjunka något för att sedan, under dag 15 i förhöjd omgivningstemperatur öka signifikant (Figur 9). Hudtemperaturen uppmätt på buk återgick under kontrolldag 3 mot liknande värden som uppmättes under kontrolldag 2. Medeltemperaturer och individuella temperaturer uppmätta på buk kl. 07:30 och 16:00 redovisas i Bilaga 2, Figur 25-27.



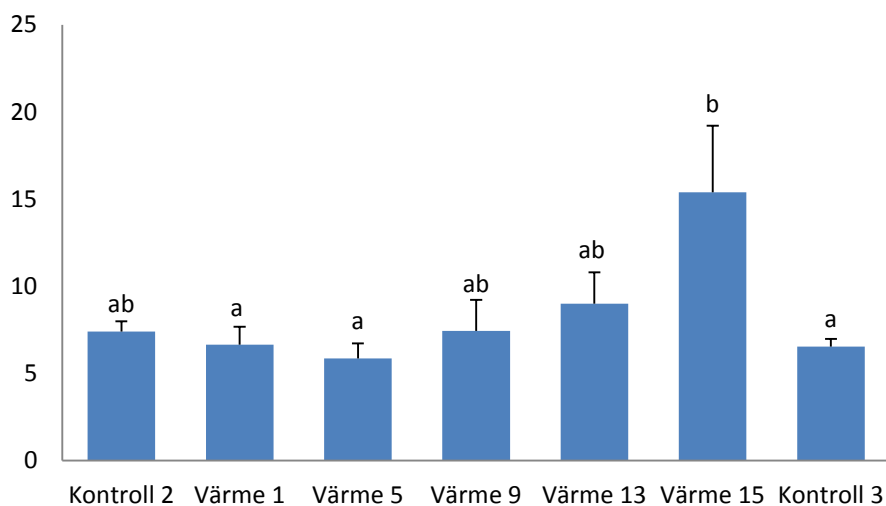
Figur 9. Hudtemperatur (medeltal \pm standardavvikelse i $^{\circ}\text{C}$) uppmätt på buk kl. 16:00 de statistiskt analyserade dagarna. De olika bokstäverna indikerar vilka dagar som är signifikant skilda från varandra.

Fuktigheten på huden mättes på både hals och buk. Resultat från mätningar på hals visade inte på någon akut respons till hög omgivningstemperatur då inga signifikanta skillnader kunde ses mellan kontrolldag 2 och dag 1 i förhöjd omgivningstemperatur. En signifikant ökning i fuktighet kunde däremot ses mellan kontrolldag 2 och dag 15 i förhöjd omgivningstemperatur (Figur 10). Denna ökade fuktighet sjönk under kontrolldag 3 till liknande nivåer som uppmättes under den andra kontrolldagen. De genomsnittliga värdena för gruppens hudfuktighet samt individuella värden uppmätta kl. 07:30 och 16:00, registrerade på hals visas i Bilaga 2, Figur 28 och 29.



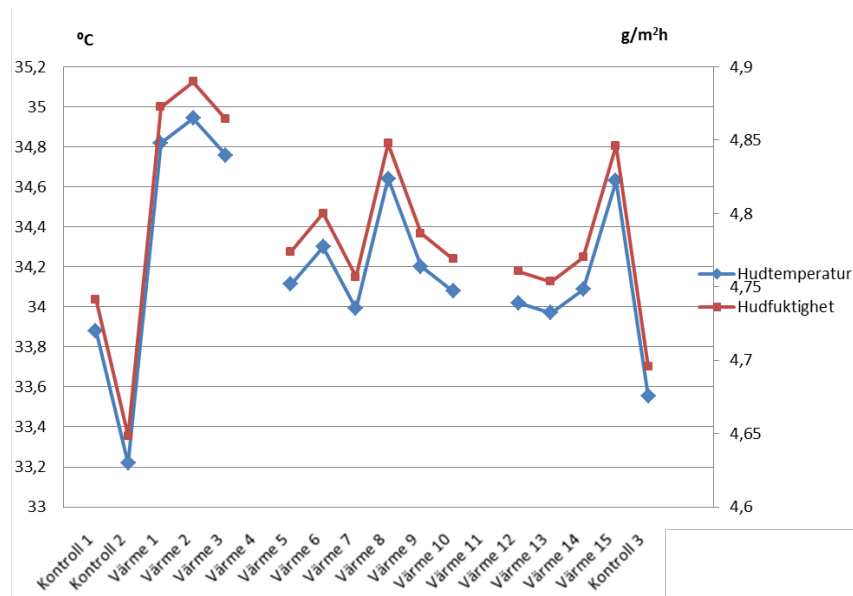
Figur 10. Hudfuktighet (medeltal \pm standardavvikelse i g/m²h) uppmätt på hals kl. 16:00 de statistiskt analyserade dagarna. De olika bokstäverna indikerar vilka dagar som är signifikant skilda från varandra.

Inga akuta effekter på den förhöjda omgivningstemperaturen kunde ses vid registrering av fuktighet på buk. Hudfuktigheten som uppmättes på buk tenderade att sjunka under de första fem dagarna i förhöjd omgivningstemperatur. Under den andra veckan i förhöjd omgivningstemperatur steg återigen halten fukt på huden. En signifikant ökning kunde ses mellan dag 1 och 15 i förhöjd omgivningstemperatur samt mellan dag 5 och 15 i förhöjd omgivningstemperatur (Figur 11). Genomsnittliga och individuella värden på hudfuktigheten på buk visas i Bilaga 2, Figur 30 och 31.



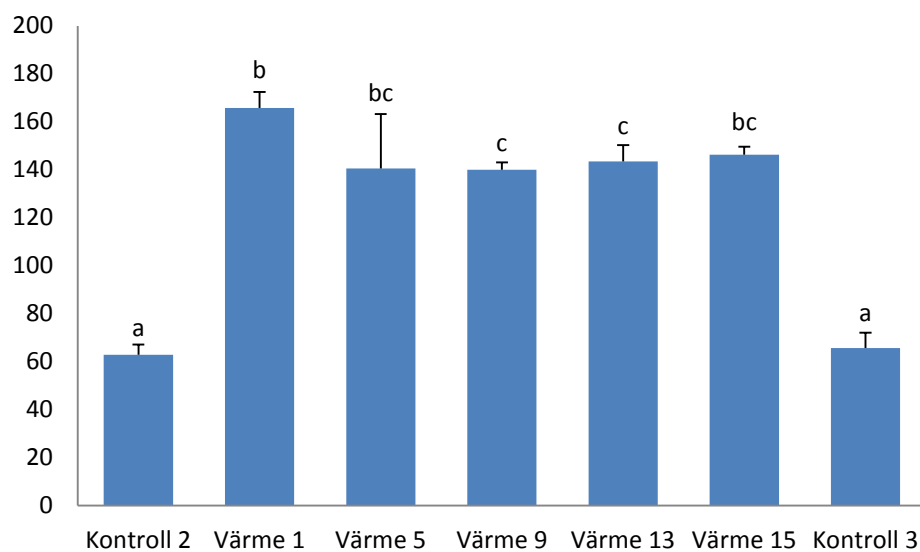
Figur 11. Hudfuktighet (medeltal \pm standardavvikelse i g/m²h) uppmätt på buk kl. 16:00 de statistiskt analyserade dagarna. De olika bokstäverna indikerar vilka dagar som är signifikant skilda från varandra.

En sammanställning av medeltemperaturen och medelfuktigheten på huden på både hals och buk från samtliga getter har gjorts och förhållandet mellan dessa redovisas i Figur 12. Där kan det ses att fuktigheten och temperaturen fluktuerar på liknande sätt under samtliga dagar. Resultat från regressionsanalysen kunde dock inte signifikant säkerhetsställa någon korrelationen mellan dessa parametrar.



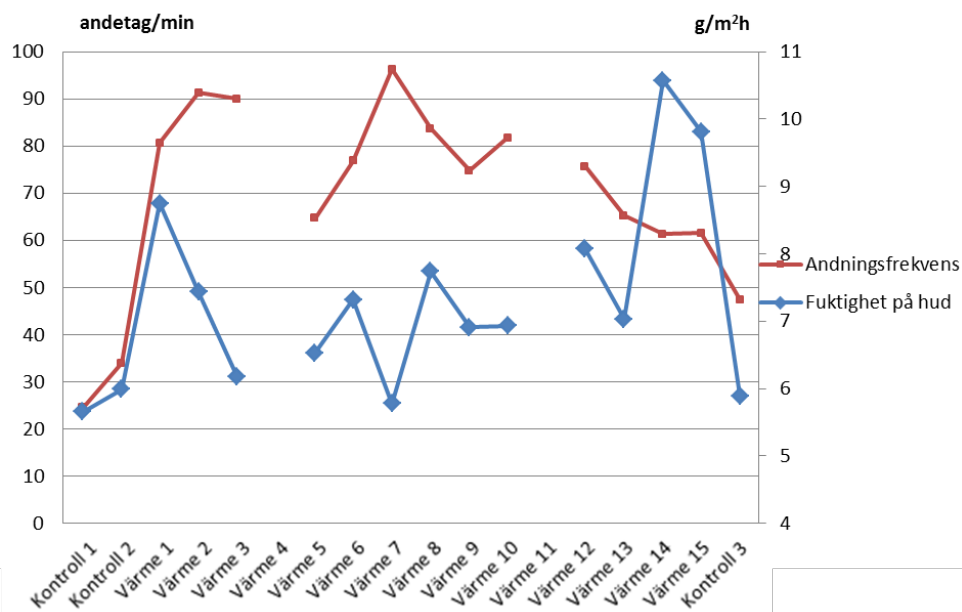
Figur 12. Förhållanden mellan hudtemperatur och hudfuktighet i medeltal per get och dag.

Getternas andningsfrekvens var 2,6 gånger mer frekvent dag 1 i förhöjd omgivningstemperatur jämfört med kontrolldag 2. Denna ökning visades vara signifikant och tyder på en akut respons till den höga omgivningstemperaturen, för att avge värme. Andningsfrekvensen sjönk därefter signifikant från dag 1 i förhöjd omgivningstemperatur ($165,7 \pm 6,7$ andetag per minut) till dag 9 ($140,0 \pm 3,2$ andetag per minut) för att sedan stabiliseras något under resterande dagar i förhöjd omgivningstemperatur (Figur 13). Under kontrolldag 3, då temperaturen i luften inte höjdes, hölls andningsfrekvensen på en liknande nivå som under kontrolldag 2. Medelvärden och individuella värden från registreringar av andningsfrekvens kl. 09:00-11:00 och kl. 13:00-15:00 finns i Bilaga 2, Figur 32 och 33.



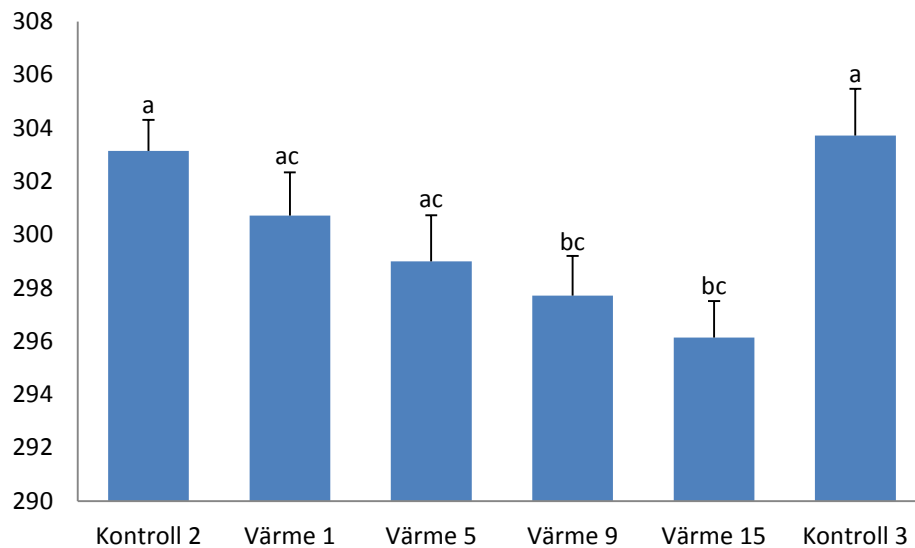
Figur 13. Getternas andningsfrekvens (medeltal \pm standardavvikelse i andetag/minut) registrerade under beteendestudierna kl. 13-15 de statistiskt analyserade dagarna. De olika bokstäverna indikerar vilka dagar som är signifikant skiljda från varandra.

Andningsfrekvensen var, i förhållande till hudens fuktighet, hög under de första tio dagarna i förhöjd omgivningstemperatur. Då andningsfrekvensen blev lägre efter dag 12 i förhöjd omgivningstemperatur ökade fuktigheten på huden. Förhållandet mellan andningsfrekvens och fuktighet på huden visas i Figur 14.



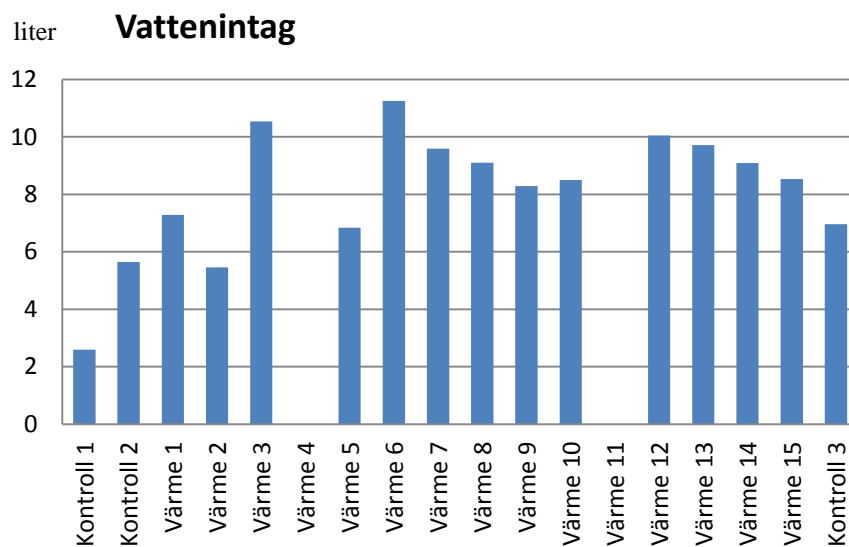
Figur 14. Förhållanden mellan andningsfrekvens och fuktighet på huden i medeltal per get och dag. På den primära y-axeln utläses andningsfrekvensen och på den sekundära y-axeln utläses hudens fuktighet.

Prov på mjölken togs två gånger per dag för analys av osmolalitet. Detta gjordes med undantag för dag 13 i värme, vilken uteblev på grund av ett misstag vid mjölkningen. Osmolaliteten låg under kontrolldagarna högre än under dagarna med förhöjd omgivningstemperatur. En signifikant reduktion i osmolalitet kunde ses mellan kontrolldag 2 och dag 9 i förhöjd omgivningstemperatur för att sedan hållas på en relativt jämn nivå resterande dagar i förhöjd omgivningstemperatur. Under kontrolldag 3 återgick osmolaliteten till samma nivå som under kontrolldag 2 (Figur 15). Individuella värden samt medelvärden för osmolalitet i mjölken redovisas i Bilaga 2, Figur 34 och 35.



Figur 15. Osmolalitet (medeltal ± standardavvikelse i osmol/liter) i mjölk från eftermiddagsmjölkningar de statistiskt analyserade dagarna. De olika bokstäverna indikerar vilka dagar som är signifikant skilda från varandra.

Vattenintaget under de två första kontrolldygnen låg på 2,6 liter respektive 5,6 liter i genomsnitt per get. Vattenkonsumtionen tenderade öka då omgivningstemperaturen höjdes. Den största genomsnittliga mängden vatten, 11,25 liter per get, konsumerades under det sjätte dygnet i förhöjd omgivningstemperatur för att sedan återigen sjunka. Vattenintaget i genomsnitt per get och dygn presenteras i Figur 16.



Figur 16. Vattenkonsumtion i genomsnitt per get och dygn.

4.3. Förändringar i beteende

Resultaten från beteendeobservationerna för de beteenden som utförts mest frekvent sammanfattas i Tabell 2, där medelvärden och standardavvikelser av utförda beteenden anges för kontrolldag 2, dag 1, 5, 9, 13 och 15 i förhöjd omgivningstemperatur samt för kontrolldag 3.

Tabell 2. Registrerade beteenden redovisade i medeltal \pm standardavvikelse under fyra timmar per dag. De olika bokstäverna indikerar vilka dagar som är signifikant skilda från varandra

Beteende	Kontroll 2	Värme 1	Värme 5	Värme 9	Värme 13	Värme 15	Kontroll 3
Stå	9,3 \pm 3,0a	9,4 \pm 1,3a	5,3 \pm 1,5a	6,6 \pm 2,3a	8,4 \pm 1,6a	7,3 \pm 5,4a	9,0 \pm 1,1a
Förflytta	1,1 \pm 1,6ab	1,0 \pm 0,2a	0,4 \pm 0,2a	0,1 \pm 0,1b	0,1 \pm 0,1b	0 \pm 0b	0,9 \pm 0,4ab
Ligga	18,3 \pm 3,2a	18,6 \pm 1,5a	24,0 \pm 1,7b	22,9 \pm 2,1a	21,1 \pm 1,6ab	22,4 \pm 5,4ab	19,4 \pm 0,9a
Äta	7,6 \pm 2,8a	4,9 \pm 0,6b	3,6 \pm 1,5bc	5,4 \pm 1,7abc	4,0 \pm 0,8bc	2,6 \pm 2,9bc	2,1 \pm 0,8c
Dricka	0,3 \pm 0,8a	0,6 \pm 1,0a	0,6 \pm 0,3a	0,7 \pm 0,3a	1,0 \pm 0,4a	0,7 \pm 1,1a	0,3 \pm 0,3a
Idissla	10,7 \pm 4,4a	1,3 \pm 0,4b	8,4 \pm 2,0a	10,3 \pm 1,9a	12,7 \pm 1,9a	12,4 \pm 5,4a	10,3 \pm 0,9a

För beteendet *stå* sågs inga signifikanta skillnader mellan de statistiskt analyserade dagarna medan det för beteendet *förflytta* observerades i signifikant lägre grad från dag 9 i förhöjd

omgivningstemperatur och framåt jämfört med tidigare dagar i försöket. Beteendet *ligga* registrerades mest frekvent dag 5 i förhöjd omgivningstemperatur vilket skiljde sig signifikant från kontrolldag 2, första och nionde dagen i hög omgivningstemperatur samt jämfört med kontrolldag 3. En reducering i beteendet *äta* observerades då omgivningstemperaturen ökade i djurhallen. Denna minskning var signifikant skiljt från dag 1, 5, 13, 15 i förhöjd omgivningstemperatur och kontrolldag 3 jämfört med den andra kontrolldagen. För beteendet *dricka* sågs inga signifikanta skillnader mellan de olika dagarna. Under den första dagen i förhöjd omgivningstemperatur sågs en signifikant reducering i beteendet *idissla*. Idisslingen minskade akut efter första dagen i förhöjd omgivningstemperatur för att sedan vara på samma nivå som under kontrolldagarna.

De aggressiva beteendena registrerades kontinuerligt under tiden för beteendestudierna från och med dag 2 i förhöjd omgivningstemperatur. Från den statistiska analysen observerades inga signifikanta skillnader i aggressiva beteenden mellan de olika dagarna. I Tabell 3 redovisas aggressiva beteenden i medeltal \pm standardavvikelse registrerade 09:00-11:00 och 13:00-15:00.

Tabell 3. Aggressiva beteenden redovisade i medeltal \pm standardavvikelse registrerade 09:00-11:00 och 13:00-15:00

	Förmiddag	Eftermiddag
Värme 2	3,0 \pm 2,7	3,4 \pm 3,4
Värme 3	4,4 \pm 3,8	2,0 \pm 2,3
Värme 5	2,9 \pm 2,5	1,9 \pm 2,3
Värme 6	6,1 \pm 4,7	4,1 \pm 3,3
Värme 7	5,1 \pm 4,4	2,7 \pm 2,4
Värme 8	4,9 \pm 6,2	3,1 \pm 3,2
Värme 9	5,3 \pm 4,5	2,6 \pm 1,6
Värme 10	6,0 \pm 5,1	2,3 \pm 2,0
Värme 12	5,3 \pm 5,4	4,4 \pm 3,2
Värme 13	5,4 \pm 4,8	4,7 \pm 5,6
Värme 14	6,1 \pm 5,1	4,4 \pm 4,4
Värme 15	5,4 \pm 3,8	4,1 \pm 4,2
Kontroll 3	4,4 \pm 0,8	4,1 \pm 0,8

Resultatet från analys av digivningsbeteendena påvisade inga signifikanta skillnader i tid som killingarna diade mellan de analyserade eftermiddagarna. Inte heller i digivningsfrekvens kunde signifikanta skillnader ses mellan de analyserade tillfällena. Medelvärden \pm standardavvikelse under för- och eftermiddagar för samtliga dagar då data insamlades återfinns i Bilaga 3, Figur 36 och 37.

4.4. Effekter på produktion

Getternas mjölmängd vägdes och medelavkastningen för gruppen samt individuella värden redovisas i Bilaga 4, Figur 38 och 39. Inga signifikanta skillnader kunde ses i mjölkavkastning mellan de statistiskt analyserade tillfällena. Ett antal dagar, eftermiddag dag 3, morgon dag 4, morgon och eftermiddag dag 10, morgon dag 11 och eftermiddag dag 13 i förhöjd omgivningstemperatur saknar tyvärr resultat på grund av misstag vid datainsamlingen.

5. Diskussion

5.1. Temperatur-luftfuktighetsindex

THI hölls under försöket relativt stabilt och varierade under dagarna mellan 60,6 och 84,9, med högst värden under eftermiddagarna. Om de uppmätta värdena på THI översätts i mallen för värmebelastning som finns för nötkreatur skulle getterna i detta fall under några tillfällen ha utsatts för en dödlig risk genom att de vistats i ett $THI \geq 84$. Under de flesta timmar då varmluftsfläktarna var i gång låg de inom riskområdet för nötkreatur genom ett THI mellan 75 och 78. Dock är getter enligt litteraturen mer tåliga för extrema miljöer och sannolikheten är därmed stor att getter bättre klarar av att vistas i miljöer med högt THI jämfört med nötkreatur (Lu, 1989; Hamzaoui *et al*, 2011).

Det är dock viktigt att poängtera att djuren inte direkt uppfattar THI utan att de registrerar förändringar i omgivningstemperaturer med hjälp av receptorer på huden. Luftfuktigheten har dock betydelse för hur effektiv djurens värmeavgivning är. I en miljö där luften är nära mättad på vattenånga sker ingen effektiv avdunstning av vatten från hud eller andningsvägar och värmeavgivningen försvåras. Då den relativa luftfuktigheten redan hölls på en rätt låg nivå (cirka 30 – 40 procent) borde inte luftbefuktarens haveri dag 11 ha så stor betydelse för hur djuren upplever miljön. Efter att luftbefuktaren slutat att fungera uppmättes en lägsta relativ luftfuktighet på 24 procent, vilket inte är så stor skillnad jämfört med 30-40 procent, detta för att luften då är långt ifrån mättad på vattenånga (Sällvik, 2005). THI under dessa dagar låg också på ungefär samma nivå som tidigare i försöket.

5.2. Fysiologiska förändringar

Inga signifikanta skillnader kunde ses gällande getternas vikt under försöket. Getterna vägde dock i genomsnitt mindre på morgnarna jämfört med eftermiddagarna. En möjlig orsak till detta kan vara att getterna kan ha konsumerat mindre foder och vatten under nätterna jämfört med vad de

gjorde under dagarna i och med att de troligtvis är mindre aktiva nattetid. Då getterna är idisslare kan våmfyllnaden göra att den registrerade kroppsvikten blir missvisande (Lofgreen *et al.*, 1962) och därmed är variationerna i vikt mellan för- och eftermiddagar svåra att fastställa om de berodde på värmen eller bara olika fyllnadsgrad i våmmen.

Att inga signifikanta skillnader kunde ses i kroppsvikt är i motsats till resultat från en studie av Hamzaoui *et al.* (2011) där det sågs en reduktion av kroppsvikt hos värmebelastade getter. Dessa getter minskade i genomsnitt 1,5 kg i kroppsvikt efter tre veckor inhysta i klimatkammare där THI hölls omkring 85 under dagen och 77 under natten. Hamzaoui *et al.* (2011) registrerade även ett lägre foderintag hos värmebelastade getter, vilket kan vara en orsak till viktreduceringen. Då foderintaget inte registrerades i den här studien kan det inte klargöras om de stabila kroppsvikterna berodde på ett förändrat foderintag eller inte.

Liksom studier av bland andra Appleman och Delouche (1958), Bianca och Kunz (1978) och Duncan och Güney (2008) ökade rektaltemperaturen då getterna inhystes i hög omgivningstemperatur. Rektaltemperaturen ökade signifikant från kontrolldag 2 till den första dagen i förhöjd omgivningstemperatur. Under dag 2 i förhöjd omgivningstemperatur låg den rektala temperaturen högre på morgonen än senare morgnar i försöket. Detta kan betyda att getterna haft svårare att återhämta sig efter den första dagen i förhöjd omgivningstemperatur och senare i försöket bättre anpassat sig till den nya miljön. Osmolaliteten låg också högre denna morgon och vattenintaget under dag 1 i förhöjd omgivningstemperatur var lägre än senare i försöket. Denna något lägre vattenkonsumtion under dag 1 i förhöjd omgivningstemperatur kan vara en orsak till den höjda rektaltemperaturen. Därefter hölls den rektala temperaturen på en relativt stabil nivå.

Hudtemperaturen på både hals och buk ökade då omgivningstemperaturen höjdes. Detta resultat är i enlighet med Bianca och Kunz (1978) och Duncan och Güney (2008). Hudtemperaturen varierade något mer än vad den rektala temperaturen gjorde under dagarna i förhöjd omgivningstemperatur vilket kan bero på att temperaturen i djurhallen inte låg precis lika hela tiden utan små temperaturförändringar fick hudtemperaturen att fluktuera. En mer fluktuerande hudtemperatur jämfört med kroppstemperatur är normalt för varmblodiga djur och anledningen till det är för att huden är kroppens viktigaste organ för reglering av värmeavgivning (Sjaastad *et al.*, 2003). Det uppmättes högre temperaturer på hals än buk och de högsta hudtemperaturerna uppmättes under första och andra dagen i förhöjd omgivningstemperatur för att sedan återigen sjunka något. Att temperaturen sjönk under tredje dagen i hög omgivningstemperatur kan troligtvis förklaras genom att svettproduktionen hos getterna också ökade något under de första dagarna i förhöjd omgivningstemperatur och att nedkylningen av kroppen således effektiviserades i och med effektiv avdunstning av fukt från huden.

Generellt ökade både kropps- och hudtemperaturerna under dagen och högst temperaturer registrerades under eftermiddagarna. Detta har troligtvis en så pass enkel förklaring som att temperaturen sjönk under natten och getterna delvis hann återhämta sig från dagen innan.

Andningsfrekvensen låg under kontrolldagarna på mellan 40 och 85 andetag per minut. Från kontrolldag 2 till dag 1 i förhöjd omgivningstemperatur kunde en signifikant ökning i andningsfrekvens ses vilket tyder på en akut respons på den höga omgivningstemperaturen. Ökningen höll i sig under de första tre dagarna i värme för att sedan successivt sjunka något allt eftersom försöket fortled. Den högsta andningsfrekvensen uppmättes under dag 3 i värme (165 andetag per minut) där andningsfrekvensen var mer än dubbelt så hög som under kontrolldagarna. Liksom i studien av Hamzaoui *et al.* (2011) var andningsfrekvensen i den här studien ungefär 2,5 gång högre då getterna inhystes i hög omgivningstemperatur jämfört med kontrolldagar.

Andningsfrekvens och hudfuktighet följde inte samma mönster under försöket. Då en hög fuktighet på huden noterades har getterna samtidigt haft en låg andningsfrekvens. Vilken som är getternas viktigaste evaporativa värmeavgivningsmekanism har visats bero på yttre omständigheter (Dmi'el & Robertshaw, 1983). Då getterna påverkas av värmestrålning från solen avges värme främst genom svettning som evaporativ värmeavgivning medan det under höga temperaturer inomhus är en ökad andningsfrekvens som är den huvudsakliga mekanismen för evaporativ värmeavgivning. Det har också diskuterats att värmeavgivning genom hässjning startar innan svettproduktionen sätts igång då getter utsätts för höga omgivningstemperaturer. Enligt litteraturen kan svettproduktionen ha satts igång innan fukt förekommer på hudytan (Dmi'el & Robertshaw, 1983). Detta är i likhet med denna studie då det kan utläsas en högre andningsfrekvens tidigt i försöket medan svettproduktionen ökar mot slutet då andningsfrekvensen går ner.

Osmolaliteten i mjölken var högst under kontrolldagarna för att under den första veckan i värme sjunka under eftermiddagarna. Denna reducering i osmolalitet kan vara en effekt av ett ökat vattenintag som kunde observeras under den första tiden i högre omgivningstemperatur. Under den andra veckan i värme låg vattenintaget mer jämnt mellan dagarna och även osmolaliteten varierade mindre mellan dessa dagar. Det ökade vattenintaget är troligtvis en effekt av att evaporationen, genom svettning och hässjning, ökar i förhöjd omgivningstemperatur, vilket även bekräftas av Hamzaoui *et al.* (2011). Vattnet skulle också kunna utgöra viss kyleffekt hos getterna vilket kan vara en annan anledning, än ökad evaporation, till att vattenkonsumtionen ökade då omgivningstemperaturen höjdes.

Att osmolaliteten var lägst dag 11 i förhöjd omgivningstemperatur är svårt att förklara då det tyvärr inte gjordes några andra mätningar under den dagen förutom registrering av THI som låg något högre denna dag.

Den förväntade hypotesen stämde delvis med resultatet vad gäller de fysiologiska förändringarna. Rektal- och hudtemperatur förväntades öka vilket också skedde, samt förväntades

mjölakens osmolalitet sjunka. Vattenintaget tenderade att öka i förhöjd omgivningstemperatur vilket också var en av hypoteserna.

5.3. Förändringar i beteende

Resultatet från beteendeobservationerna visade inga signifikanta skillnader i beteendet *stå* medan en reduktion i beteendet *förflytta* kunde ses mellan dag 5 och dag 9 i värme. Även beteendet *äta* utfördes mindre frekvent hos getterna då de vistats en tid i värme. Darcan *et al.* (2007) delade i sin studie upp beteenden i passiva och aktiva beteenden där det som passiva beteenden räknades *vila* och *dricka* medan *gå*, *äta* och *idissla* hörde till de aktiva beteendena. Resultat från den studien visade att getter som utsatts för värme ägnade mindre tid åt att utföra aktiva beteenden medan en högre andel av tiden användes åt passiva beteenden. Liksom resultatet från studien av Darcan *et al.* (2007) visar denna studie att getterna spenderar kortare tid på de aktiva beteendena *förflytta* och *äta*, medan *idissla* inte förändrades signifikant. En ökning i beteendet *ligga* kunde också ses, vilket var en av hypoteserna inför försöket. Denna ökning var även i enlighet med Darcan *et al.* (2007). Det kunde dock inte fastställas att getterna drack mer frekvent då de vistats en tid i hög omgivningstemperatur. Däremot registrerades en ökning i vattenintag i genomsnitt för gruppen under dagarna i förhöjd omgivningstemperatur jämfört med kontrolldagarna.

Det kunde dock inte ses någon signifikant skillnad i utförandet av aggressiva beteenden mellan någon av de statistiskt analyserade dagarna. Detta kan jämföras med Appleman och Delouche (1958) där aggressionerna hos getter som inhysts i hög omgivningstemperatur påvisade lägre frekvens av aggressiva beteenden. Detta skulle kunna bero på att getterna i studien av Appleman och Delouche (1958) inhystes i klimatkammare vilket kan ha medfört att dessa getter hade mindre yta att röra sig på och därmed kanske inte hade lika lätt få utlopp för beteenden som getterna i denna studie fick genom att de hölls i lösdriftssystem.

Vad gäller getternas digivningsbeteenden kunde inga signifikanta skillnader ses varken i frekvens eller i tid. Tendenser finns dock till att både antalet digivningar samt tiden för varje digivning blev kortare mot slutet av studien. Detta kan vara en effekt av att tidigast födda killingar inte blev lika beroende av att dia då de både åt grov- och kraftfoder och drack vatten under försöket vilket kan ses av att variationerna inom de olika dagarna är stor både gällande tid för digivning och digivningsfrekvens.

5.4. Effekter på produktion

Resultaten från registrering av getternas mjölkavkastning påvisade inga signifikanta resultat utan endast små variationer från dag till dag kunde ses. Detta är i enlighet med Hamzaoui *et al.* (2011) som inte heller såg någon signifikant förändring i mjölkavkastning på värmebelastade getter. Att

mjölkavkastningen inte förändrades signifikant kan bero på att THI sjönk under nätterna och getterna hade en god chans att återhämta sig till nästkommande dag och därmed blev effekterna av den under dagtid höga omgivningstemperaturen inte så stora.

Den högsta registrerade mjölkavkastningen skedde dag 8 i förhöjd omgivningstemperatur. Hos mjölkkor har det visats finnas en två dagars fördröjning av effekter från värmebelastning på mjölkavkastning (West *et al.*, 2003). Med stor sannolikhet borde det finnas en likande fördröjning hos getter och att det fanns tendenser till att getterna lakterade mer dag 8 i förhöjd omgivningstemperatur kan bero på att det under dag 6 registrerades ett högre vattenintag och de därmed kunde producera mer mjölk.

5.5. Acklimatisering till miljö

Av resultaten från studien kan det inte dras några säkra slutsatser att getterna, efter två veckor i en miljö med THI mellan 60,6 och 84,9, acklimatiserade sig till miljön. Det kan dock anas tendenser till att parametrarna under de sista dagarna i värme börjar återgå mot de ursprungliga uppmätta värdena och möjligt är att getterna hade acklimatiserat sig om de fortsatt att hållas i samma miljö under ännu en vecka. Hamzaoui *et al.* (2011) fann genom sin studie att getter acklimatiserade sig till miljöer med hög omgivande temperatur efter tre veckor och således kan det hända att getterna i den här studien skulle ha följt liknande tidsramar för acklimatisering.

En studie av Al-Tamimi (2007) påvisades en acklimatisering till hög omgivningstemperatur genom att uppmätta fysiologiska parametrar återgick mot de ursprungliga värdena hos getter efter 10-14 dagar. Att dessa getter acklimatiserade sig snabbare till miljön kan bero på att olika djurmaterial användes vid försöken. Al-Tamimi (2007) använde getter av rasen Damascus i sin studie och med stor sannolikhet är de från början mer anpassade till extrema klimat än vad svenska lantrasgetter är.

Samtliga uppmätta parametrar, utom vattenintaget, som skiljde sig mellan kontrolldag 2 och dagarna i förhöjd omgivningstemperatur återgick till ursprungsvärdena under kontrolldag 3. Detta tyder på att det troligtvis inte finns någon kvarstående effekt av värmen efter 15 dagar i hög omgivningstemperatur. Att vattenkonsumtionen inte återgått mot de ursprungliga vattenintagen som uppmättes under kontrolldag 1 och 2 kan vara en effekt av att mätningarna av det vattenintag som registrerades som kontrolldag 3 började registreras efter kl. 18:00 dagen innan (dag 15 i förhöjd omgivningstemperatur). Då getterna troligtvis drack mer som en följd av den höga temperaturen som hölls dag 15 är vattenkonsumtionen för kontrolldag 3 något missvisande.

Temperaturen i djurhallen sänktes under nätterna till under 20°C för att efterfölja en naturlig fluktuation i dygnstemperatur. Enligt Igono *et al.* (1992) ska detta påverka mjölkkor positivt genom att djuren får en chans att avge lagrad värme, vilket också skulle kunna passa in på getter då temperaturerna i detta försök under morgnarna återgick till samma temperaturer som

uppmättes under kontrolldagarna. Detta kan tyda på att getterna fick chans att under nätterna återhämta sig från värmen dagen innan.

6. Slutsats

Av de fysiologiska parametrarna som undersöktes i den här studien kunde förhöjd rektal- och hudtemperatur, högre hudfuktighet och andningsfrekvens samt en lägre osmolalitet i mjölken ses som effekt av en högre omgivningstemperatur. Signifikant minskning kunde ses i beteendena *förföytta*, *äta* och *idissla* de första dagarna i förhöjd omgivningstemperatur medan *ligga* ökade i frekvens. Inga signifikanta förändringar i varken aggressiva beteenden, digivningsbeteenden eller mjölkavkastning kunde ses. Det kunde inte ses någon direkt acklimatisering till miljön hos getterna efter två veckor och heller ingen kvarstående effekt av värme kunde påvisas efter samma tid.

7. Referenser

- Al-Tamimi, H.J. 2007. Thermoregulatory response of goat kids subjected to heat stress. *Small Ruminant Research* 71, 280-285.
- Andersen, I.L., Bøe, K.E. 2007. Resting pattern and social interactions in goats: the impact of size and organization of laying space. *Applied Animal Behaviour Science* 108, 89-103.
- Andersen, I.L., Roussel, S., Ropstad, E., Braastad, B.O., Steinheim, G., Janczak, A.M., Jørgensen, G.M., Bøe, K.E. 2008. Social instability increases aggression in groups of dairy goats, but with minor consequences for the goats' growth, kid production and development. *Applied Animal Behaviour Science* 114, 132-148.
- Andersen, I.L., Tønnesen, H., Estevez, I., Cronin, G.M., Bøe, K.E. 2011. The relevance of group size of goats' social dynamics in a production environment. *Applied Animal Behaviour Science* 134, 136-143.
- Appleman, R.D., Delouche, J.C. 1958. Behavioral physiological and biochemical responses of goats to temperature, 0° to 40°C. *Journal of Animal Science* 17, 326-335.
- Baker, M.A. 1989. Effects of dehydration and rehydration on thermoregulatory sweating in goats. *Journal of Physiology* 417, 421 - 435.
- Berman, A., Folman, Y., Kaim, M., Mamen, M., Herz, Z., Wolfenson, D., Arieli, A., Graber, Y. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *Journal of Dairy Science* 68, 1488-1495.
- Bianca, W., Kunz, P. 1978. Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. *Livestock Production Science* 5, 57-69.
- Broom, D.M., Johnson, K.G. 1993. *Stress and animal welfare*, 81. London: Kluwer Academic Publisher.
- Cabanac, M. 1974. *Thermoregulatory behaviour*. I: Robertshaw, D. (Ed.) Environmental Physiology. 231-269. Butterworths: University Park Press.
- Campbell, N.A., Reece, J.B. 2005. *Biology*. 7. ed. San Francisco, CA: Pearson/Benjamin Cummings.
- Darcan, N., Cedden F., Güney, O. 2007. Spraying effects on goat welfare in hot and humid climate. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences* 2 (4), 99-103.
- Darcan, N., Cedden, F., Cankaya, S. 2008. Spraying effects on some physiological and behavioural traits of goats in a subtropical climate. *Italian Journal of Animal Science* 7, 77-85.
- Darcan, N., Güney, O. 2008. Alleviation of climatic stress of dairy goats in Mediterranean climate. *Small Ruminant Research* 74, 212-215.
- Dikmen, S., Hansen, P.J. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science* 92, 109-116.
- Dmi'el, R., Robertshaw, D. 1983. The control of panting and sweating in the black Bedouin goat: a comparison of two modes of imposing a heat load. *Physiological Zoology* 56 (3), 404-411.

- Fuquay, J.W. 1981. Heat stress as it affects animal production. *Journal of Animal Science* 52, 164-174.
- Hammel, H.T. 1968. Regulation of internal body temperature. *Annual Review of Physiology* 30, 641-710.
- Hamzaoui, S., Salama, A.A.K., Caja, G., Albanell, E., Such, X., Flores, C. 2011. Respuestas reproductivas y fisiológicas al estrés térmico de cabras murciano-granadinas a final de lactación. I: *XIV Jornadas sobre Producción Animal*, Zaragoza, 17-18 maj 2011. Vol. 1. 106-108.
- Igono, M.O., Bjotvet, G., Sanford-Crane, H.T. 1992. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *International Journal of Biometeorology*, 77-87.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. [Online] Tillgänglig: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf [2012-01-30]
- IUPS Thermal Commission, 2001. Glossary of terms for thermal physiology. *The Japanese Journal of Physiology* 51 (2), 245-280.
- Jessen, C. 1977. Interaction of air temperature and core temperature in thermoregulation of the goat. *Journal of Physiology* 265, 585-606.
- Lofgreen, G.P., Hull, J.L., Otagaki, K.K. 1962. Estimation of empty body weight of beef cattle. *Journal of Animal Science* 21, 20-24.
- Lu, C.D. 1989. Effects of heat stress on goat production. *Small Ruminant Research* 2, 151-162.
- Mader, T.L., Davis, M.S., Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 84, 712-719.
- Melin, M., Ståhl, Y., Lundberg, S. 2010. Husdjur i Sverige 2040. *Gradvis^o, Klimatoptimerar Svenskt Lantbruk*. Hushållningssällskapet, Halland.
- Ocfemia, G.O., Sharun, A., Miller, H.M., Holmes, J.H.G. 1993. Reduced foetal growth and lactation by does heat-stressed from mid-pregnancy. *Small Ruminant Research* 11, 33-43.
- Olsson, K., Dahlborn, K. 1989. Fluid balance during heat stress in lactating goats. *Quarterly Journal of Experimental Physiology* 74, 645-659.
- Robertshaw, D. 1985. Heat loss of cattle I: Yousef. M.K. (Ed.) *Stress physiology in livestock, Volume 1 Basic principles*. 55-66. Florida: CRC Press.
- Robertshaw, D., Dmi'el, R. 1983. The effect of dehydration on the control of panting and sweating in the black Bedouin goat. *Physiological Zoology* 56 (3), 412-418.
- Schmidt-Nielsen, K. 1997. *Animal Physiology: adaptation and environment*. 5. ed., 212, 232-253. Cambridge: Cambridge University Press.
- Searcy, W.A. 1980. Optimum body sizes at different ambient temperatures: an energetic explanation of Bergmann's rule. *Journal of Theoretical Biology* 83 (4), 579-593.
- Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* 67, 1-8.
- Silanikove, N. 1997. Why goats raised on harsh environment perform better than other domesticated animals. I: Lindberg J.E., Gonda H.L., Ledin I. (Eds.). *Recent advances in small ruminant nutrition*, 185-194. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ.
- Sjaastad, Ø.V., Hove, K., Sand, O. 2003. *Physiology of Domestic Animals*. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Sällvik, K. 2005. *Husdjurens värmebalans och termiska närmiljö*. Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- West, J.W., Mullinix, B.G., Bernard, J.K. 2003. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86, 232-242.
- Withers, P.C. 1992. *Comparative Animal Physiology*. Fort Worth: Saunders College Publishing.

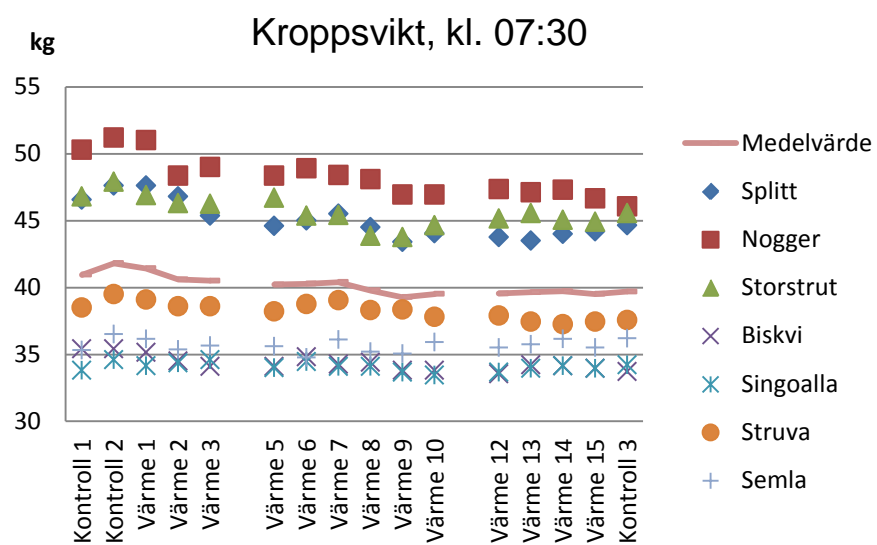
- Yousef, M.K. 1985a. Stress physiology: definition and terminology. I: Yousef. M.K. (Ed.) *Stress physiology in livestock, Volume 1 Basic principles*. 3-7. Florida: CRC Press.
- Yousef, M.K. 1985b. Thermoneutral zone. I: Yousef. M.K. (Ed.) *Stress physiology in livestock, Volume 1 Basic principles*. 67-74. Florida: CRC Press.

Bilaga 1. Temperatur-Luftfuktighetsindex

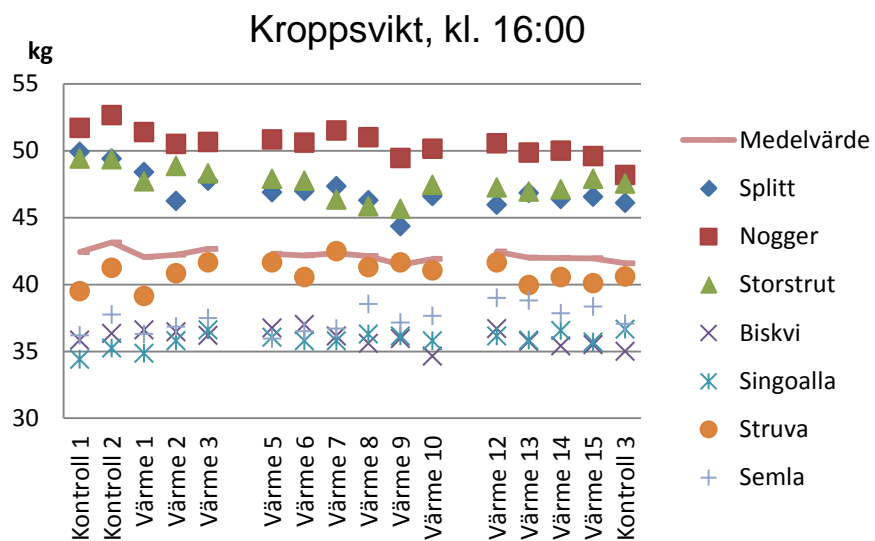
Tabell 4. Temperatur och luftfuktighet registrerade av klimatstationen. *M* = medelvärde för registreringar kl. 7-8, *FM* = medelvärde för registreringar kl. 10-11 och *EM* = registreringar för medelvärde kl. 16-17. *THI* är uträknat med hjälp av formeln: $THI = (0.8 \times T) + ((\% \text{ relativ luftfuktighet} \div 100) \times (T - 14.4)) + 46.4$ (Mader et al., 2006)

Dag	Temperatur(°C)			Relativ luftfuktighet(%)			THI		
	7-8	10-11	16-17	7-8	10-11	16-17	7-8	10-11	16-17
Kontroll 1	14,6	16,8	18,1	50,0	53,0	52,7	58,2	61,2	62,9
Kontroll 2	17,1	18,1	19,0	44,3	50,7	55,7	61,2	62,8	64,1
Värme 1	19,0	28,8	30,1	50,7	44,7	44,0	63,9	75,9	77,4
Värme 2	21,4	32,2	33,2	38,0	35,0	32,0	66,2	78,4	79,0
Värme 3	21,0	32,2	32,8	34,3	33,7	32,0	65,4	78,2	78,5
Värme 4	20,2	30,3	28,7	32,7	31,0	31,7	64,4	84,4	80,4
Värme 5	20,2	30,3	32,9	32,7	31,0	31,7	64,4	75,6	78,5
Värme 6	16,9	32,0	32,1	35,7	33,1	30,7	60,8	77,8	77,5
Värme 7	19,5	34,6	33,1	33,7	31,0	33,0	63,7	80,3	79,1
Värme 8	19,3	34,3	33,9	35,3	31,7	32,3	63,6	80,1	79,9
Värme 9	19,6	33,9	34,4	39,3	37,3	33,7	64,1	80,1	80,4
Värme 10	21,2	33,6	33,1	45,0	35,7	32,7	66,4	80,1	79,0
Värme 11	17,7	28,8	33,2	36,3	32,0	24,0	66,1	80,6	84,9
Värme 12	17,7	31,0	33,2	36,3	25,3	24,0	61,8	75,4	77,5
Värme 13	19,2	34,3	35,1	39,3	29,0	27,0	63,6	79,6	80,1
Värme 14	18,9	33,5	34,2	34,3	27,7	24,0	63,1	78,5	78,6
Värme 15	16,6	31,8	32,6	38,7	29,3	29,7	60,6	77,0	77,9
Kontroll 3	19,4	19,9	20,4	41,3	49,0	44,3	64,0	65,0	65,4

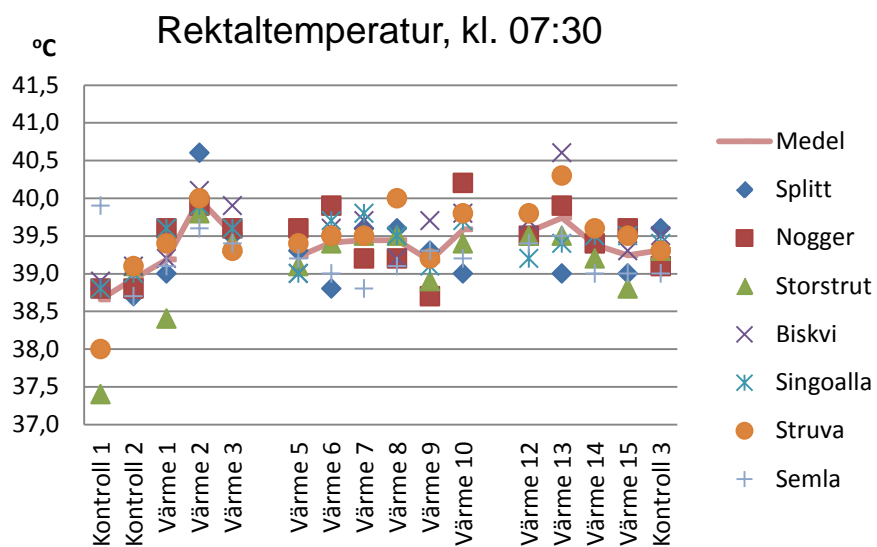
Bilaga 2. Fysiologiska förändringar



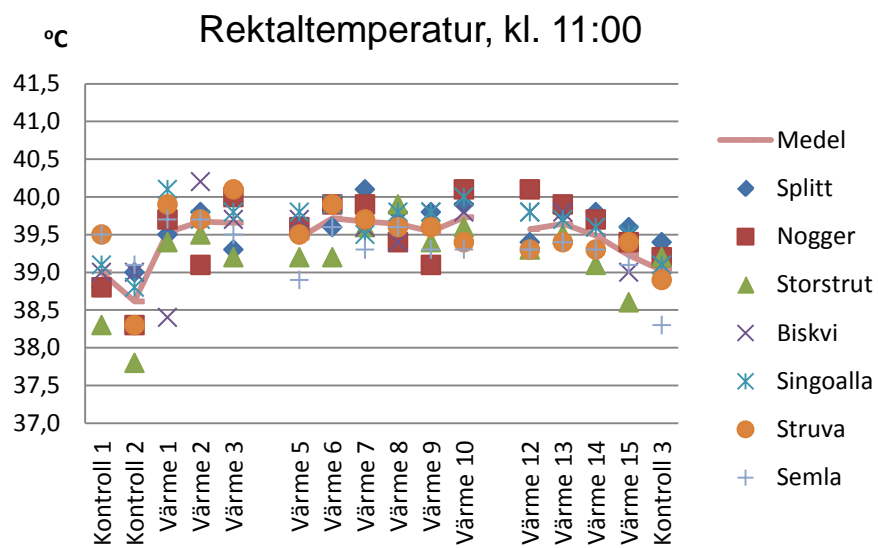
Figur 17. Individuella kurvor samt medelvärde för getternas kroppsvikt, registrerade 07:30.



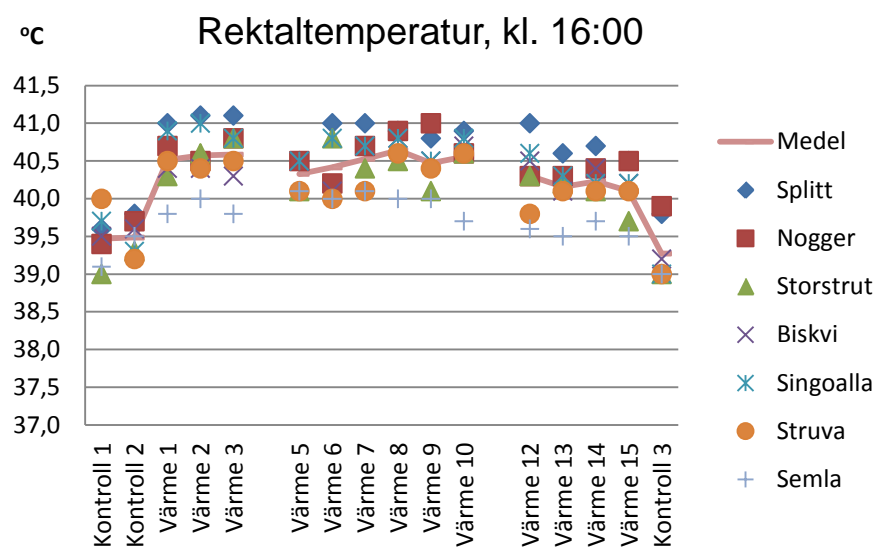
Figur 18. Individuella kurvor samt medelvärde för getternas kroppsvikt, registrerade 16:00.



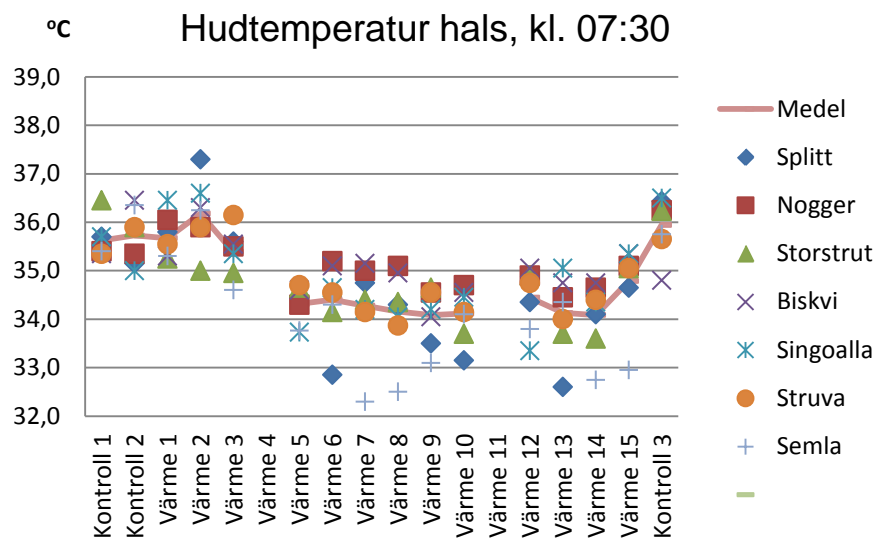
Figur 19. Getternas individuella resultat från mätning av rektaltemperatur, kl. 07:30.



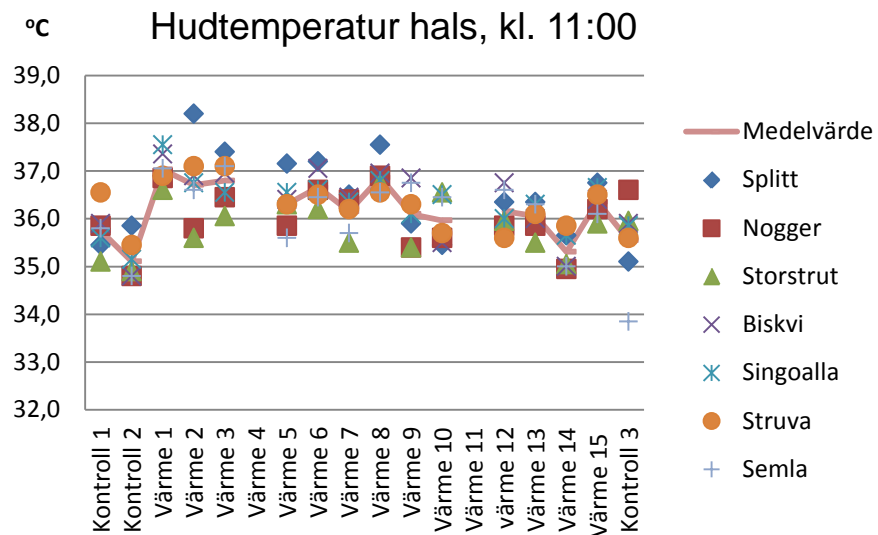
Figur 20. Getternas individuella resultat från mätning av rektaltemperatur, kl. 11:00.



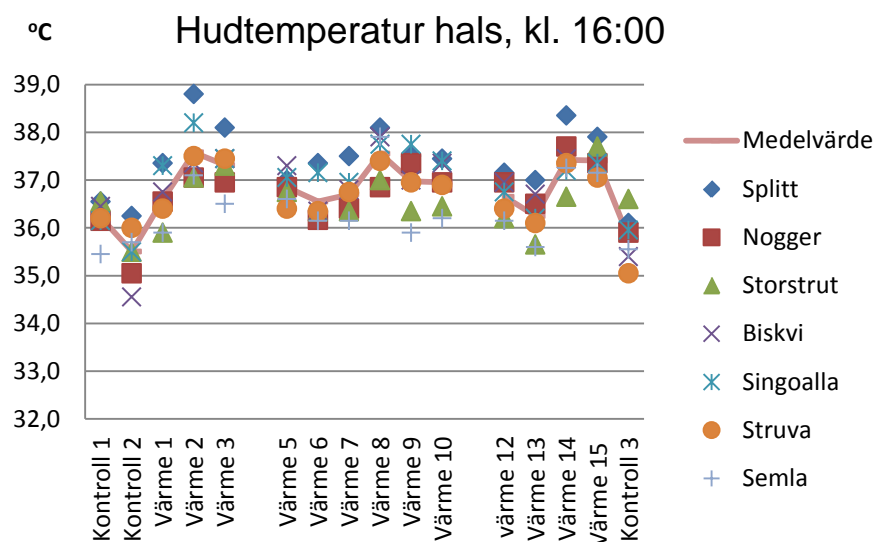
Figur 21. Getternas individuella resultat från mätning av rektaltemperatur, kl. 16:00.



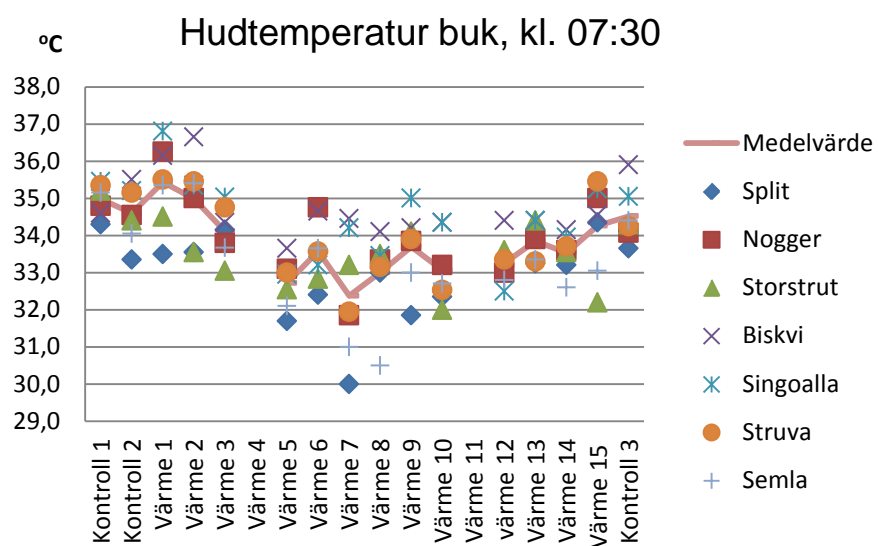
Figur 22. Hudtemperaturer uppmätta på hals för varje individ, kl. 07:30.



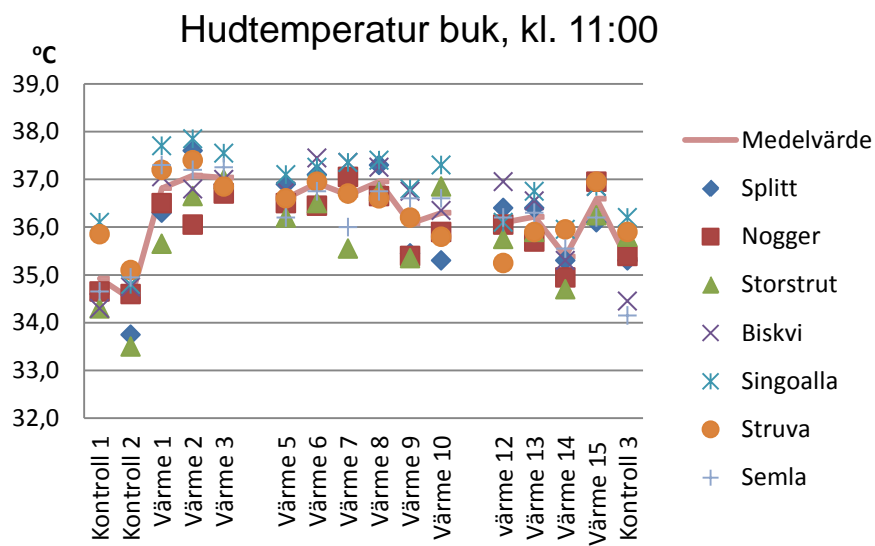
Figur 23. Hudtemperaturer uppmätta på hals för varje individ, kl. 11:00.



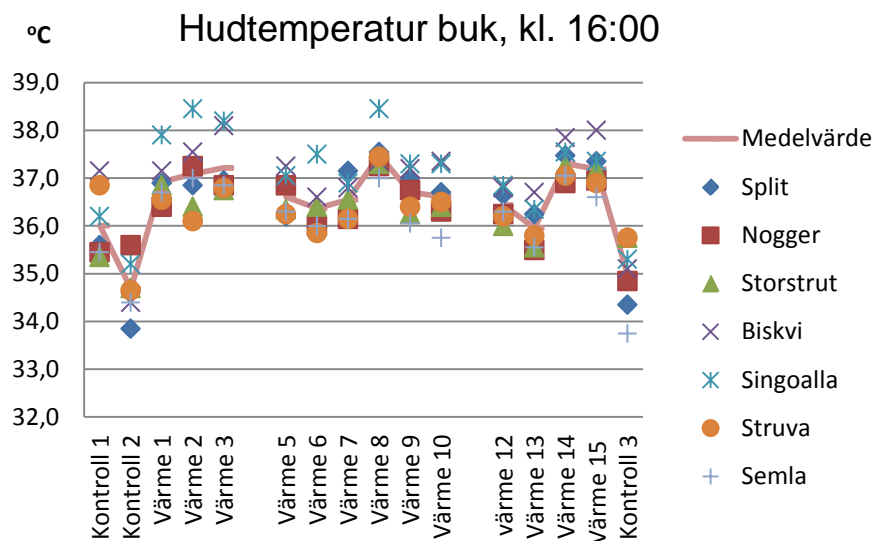
Figur 24. Hudtemperaturer uppmätta på hals för varje individ, kl. 16:00.



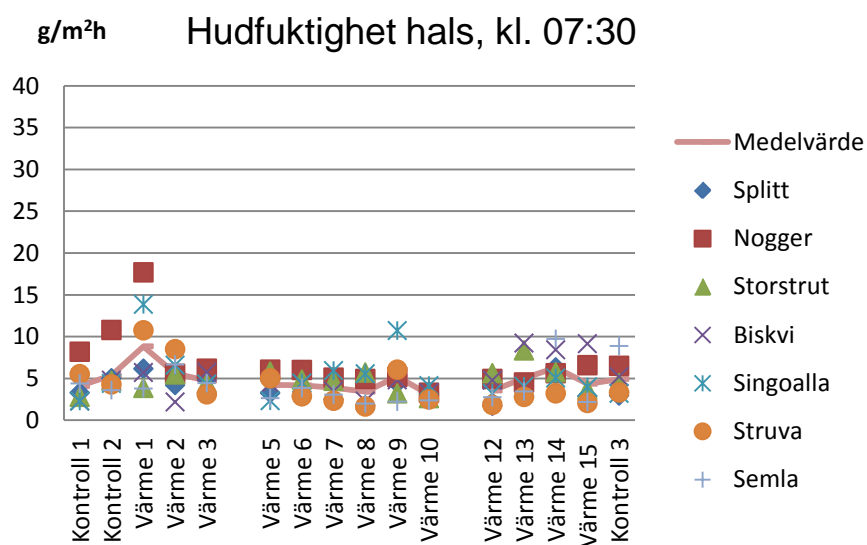
Figur 25. Hudtemperaturer uppmätta på buk för varje individ, kl. 07:30.



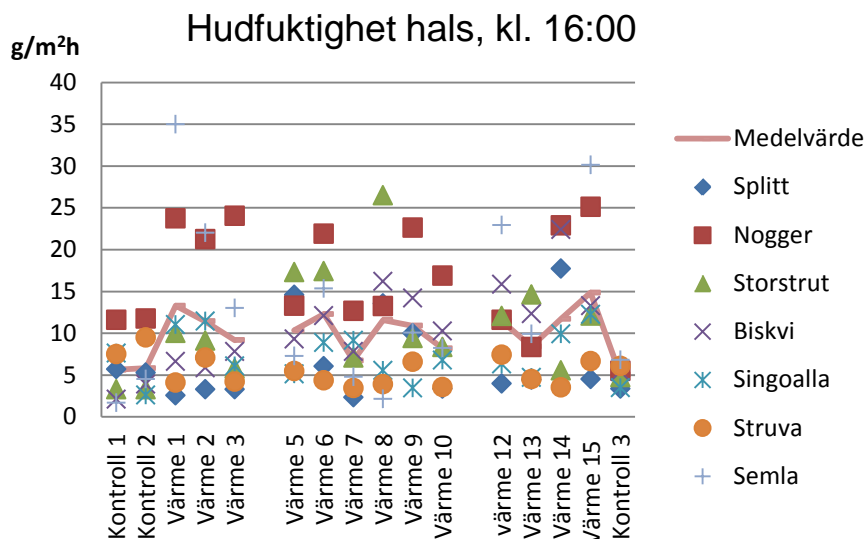
Figur 26. Hudtemperaturer uppmätta på buk för varje individ, kl. 11:00.



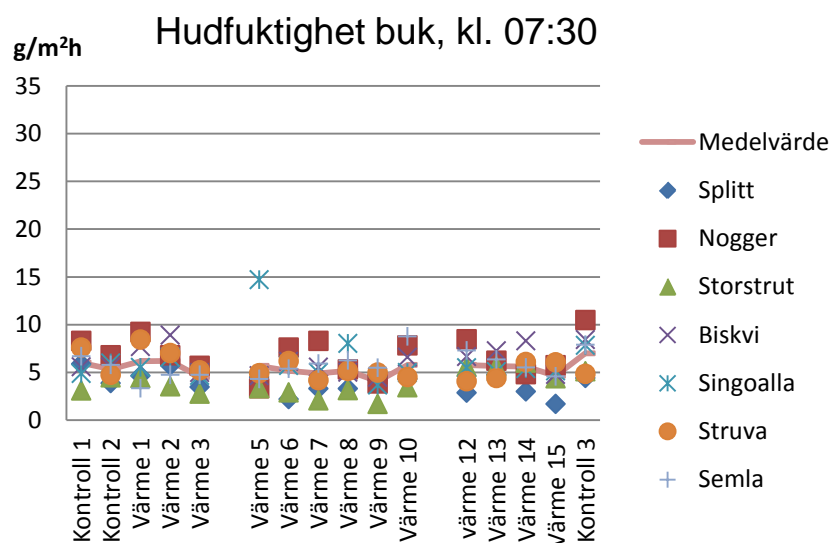
Figur 27. Hudtemperaturer uppmätta på buk för varje individ, kl. 16:00.



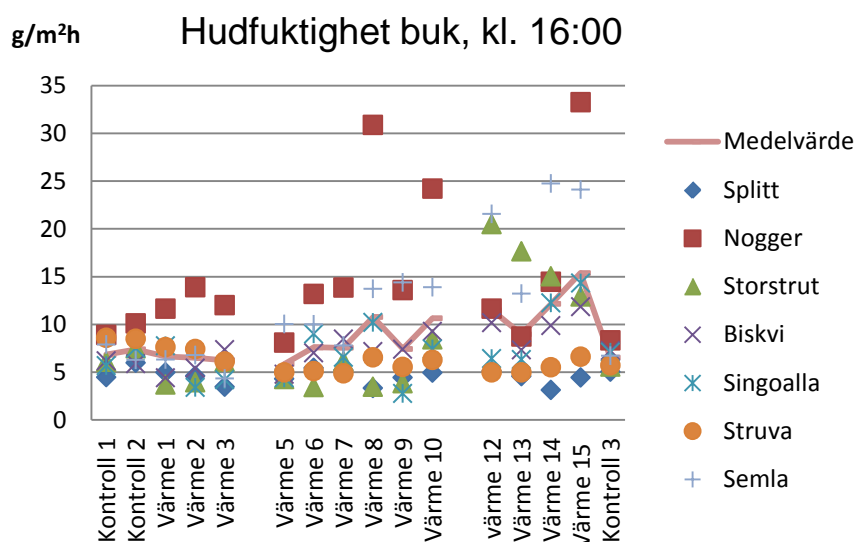
Figur 28. Individuella resultat från mätningar av hudfuktighet på hals, kl. 07:30.



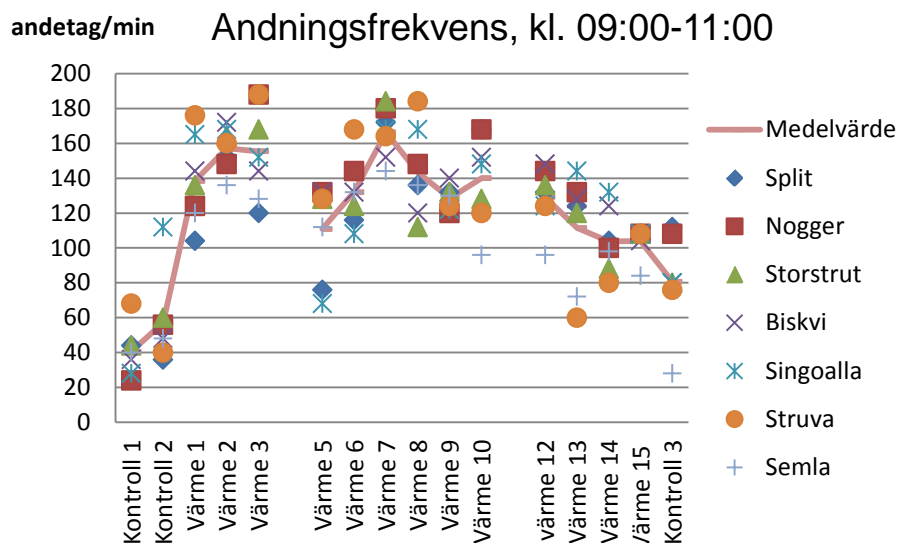
Figur 29. Individuella resultat från mätningar av hudfuktighet på hals, kl. 16:00.



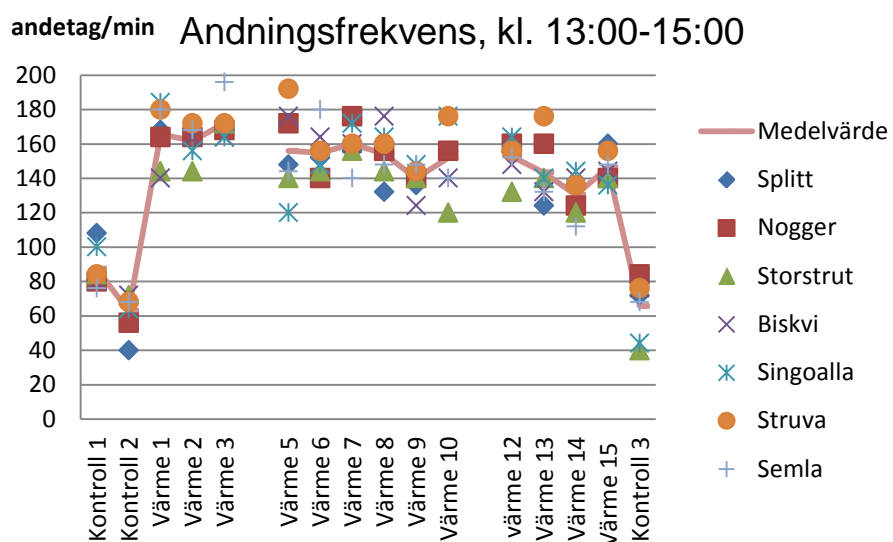
Figur 30. Individuella resultat från mätningar av hudfuktighet på buk, kl. 07:30.



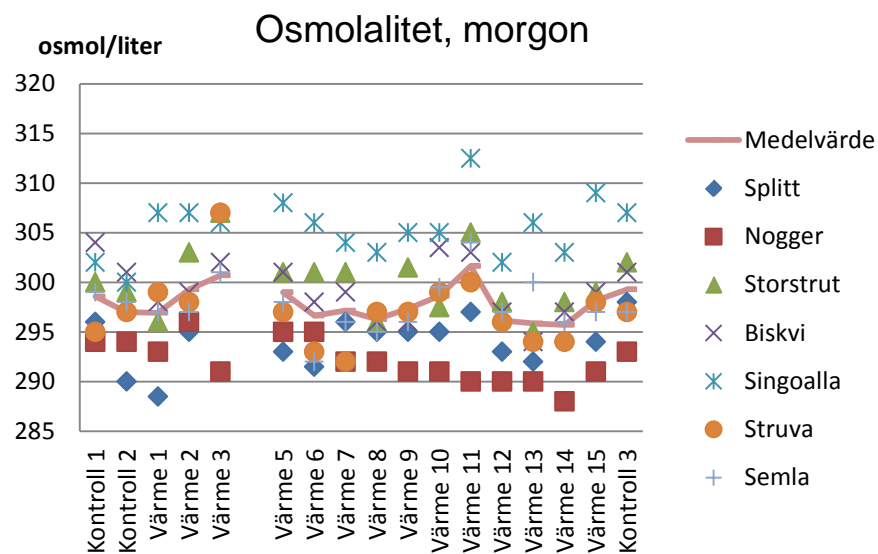
Figur 31. Individuella resultat från mätningar av hudfuktighet på buk, kl. 16:00.



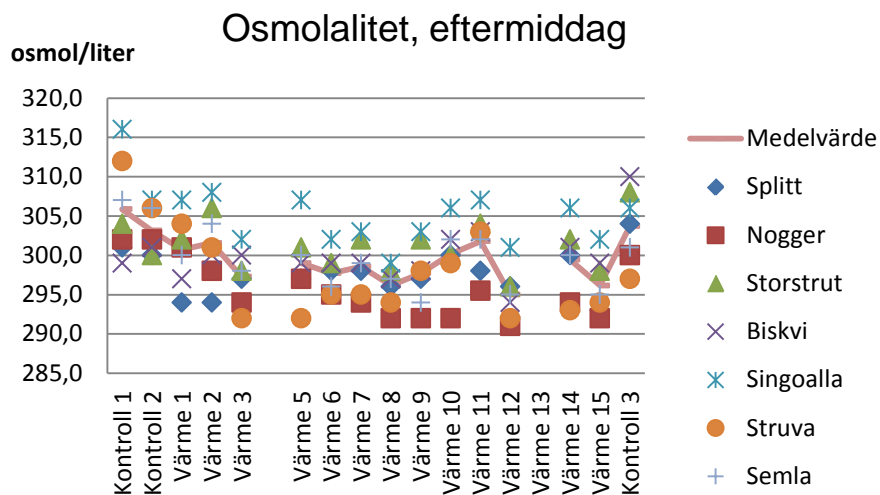
Figur 32. Individuella resultat från registrering av andningsfrekvens, 09:00-11:00.



Figur 33. Individuella resultat från registrering av andningsfrekvens, 13:00-15:00.

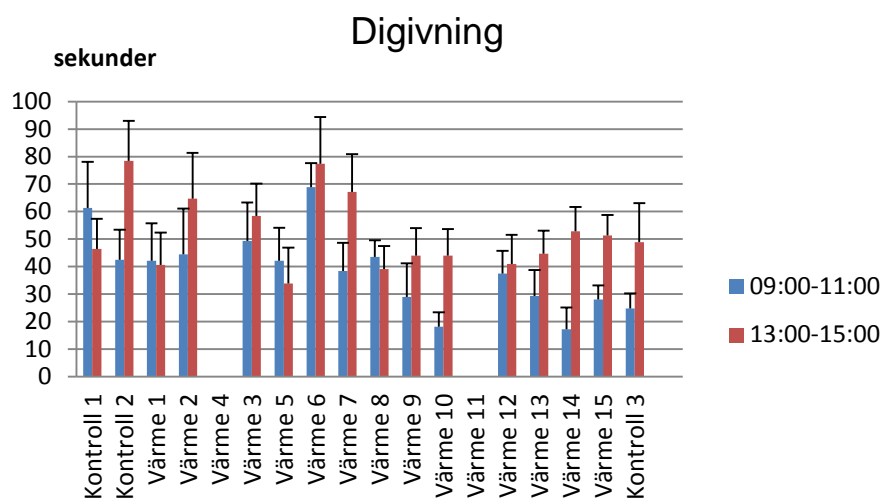


Figur 34. Individuella resultat från analys av osmolalitet i mjölk från morgonmjölkningarna.

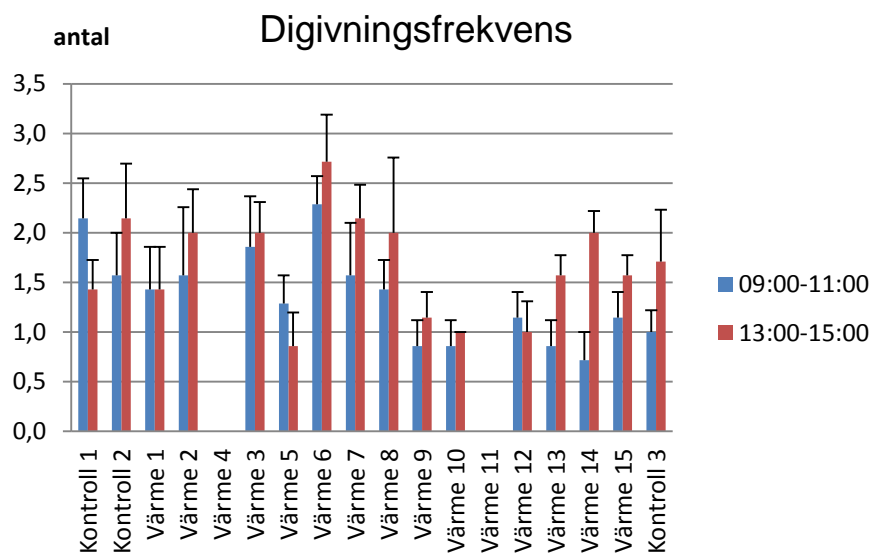


Figur 35. Individuella resultat från analys av osmolalitet i mjölk från eftermiddagsmjölkningarna.

Bilaga 3. Förändringar i beteende

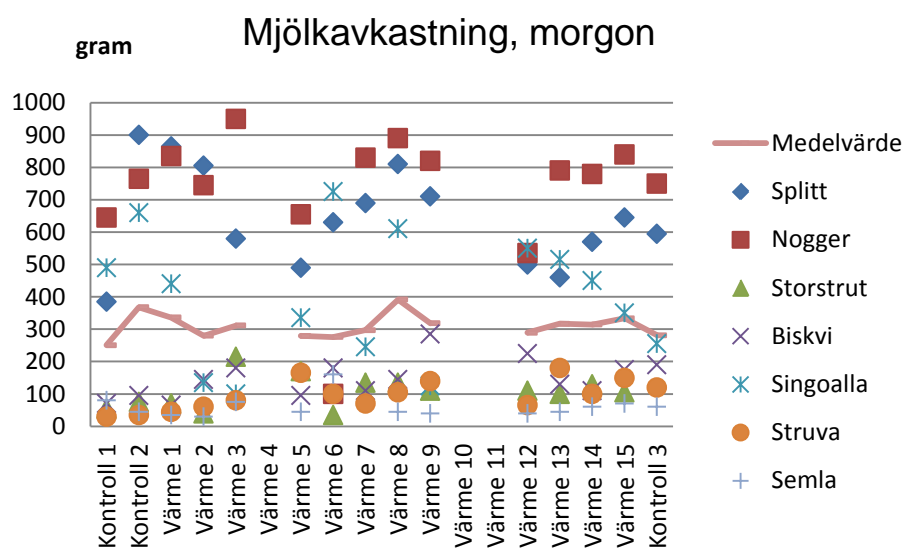


Figur 36. Genomsnittlig tid per digivning, data registrerat 09:00-11:00 och 13:00-15:00. Medeltal \pm standardavvikelse.

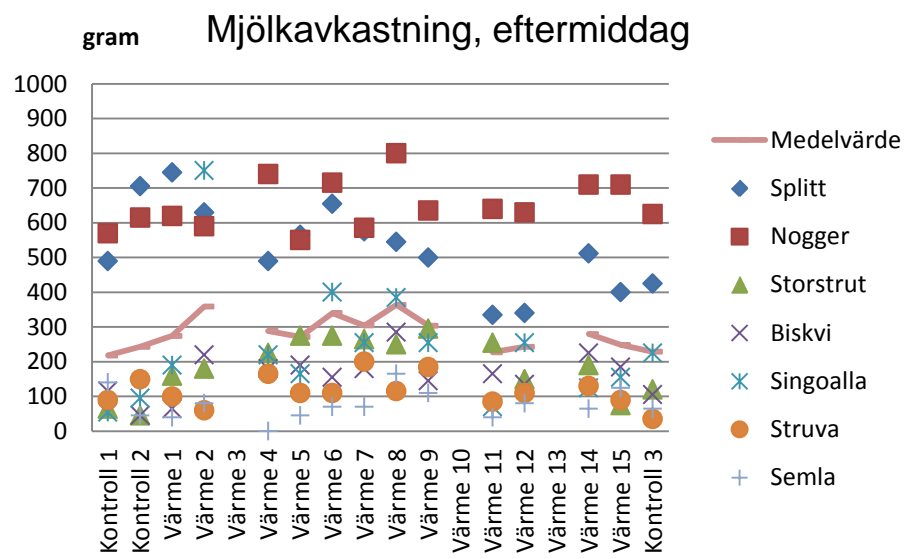


Figur 37. Genomsnittlig digivningsfrekvens registrerade 09:00-11:00 och 13:00-15:00. Medeltal \pm standardavvikelse.

Bilaga 4. Effekter på produktion



Figur 38. Individuella skillnader i mjölkavkastning, morgonmjölkning.



Figur 39. Individuella skillnader i mjölkavkastning, eftermiddagsmjölkning.